



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Städtereinigung

Büsing, F. W.

Stuttgart, 1897

VIII. Abschn. Allgemeines über Reinigung von Abfallstoffen; Desinfektion
und Desodorisation

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83772)

VIII. Abschnitt.

Allgemeines über die Reinigung von Abfallstoffen; Desinfektion und Desodorisation.

§ 165. Die Gesundheitspflege fordert außer der raschen Entfernung der Abfallstoffe aus der menschlichen Nähe die Ueberführung der fäulnisfähigen Bestandteile derselben in unschädliche Beschaffenheit. In erster Linie ist dabei an die Beseitigung der unmittelbaren Gefahr von Infektionen, in zweiter an die dauernde Erhaltung der Sicherheit gegen Infektionen und in dritter an eine Art und Weise der Ausführung gedacht, daß dabei nicht in unmittelbarer oder mittelbarer Weise Gesundheitsstörungen oder grobe Belästigungen entstehen. Hinsichtlich der Reinigung von mit Giften anorganischer Art beladenen Abfallstoffen wird Verdünnung bis zu einem solchen Grade gefordert, daß Vergiftungsgefahren aufhören.

Die Beseitigung der gegenwärtigen und späteren Infektionsgefahr fordert, im strengen Sinne gedacht, Keimfreiheit; im beschränkten Sinne Vernichtung der Virulenz nur der Schädlinge, oder auch Verhinderung der Vermehrung derselben. Bei den mittelbaren Gesundheitsstörungen u. s. w. ist im allgemeinen an Fernhaltung übler Gerüche, die bei Fäulnis sich bilden, gedacht. Auch die Fäulnis von organischen Stoffen hört bei einem gewissen Grade der Verdünnung auf, bedenklich zu sein.

Keimfreiheit für jetzt und dauernd läßt sich im allgemeinen nur bei geringen Mengen betreffender Stoffe erreichen; bei den großen Mengen der Abfallstoffe ist an die Erreichung dieses Ziels kaum zu denken und muß Annäherung an dasselbe, ein gewisser Grad von Wahrscheinlichkeit, genügen. Es bestehen jedoch Unterschiede darin sowohl mit Bezug auf die Form als die Art der Abfallstoffe. Kann man wohl in großen Mengen von Abfallstoffen der flüssigen Form Keimfreiheit wenigstens vorübergehend erzielen, so ist diese Möglichkeit bei größeren Mengen von Abfallstoffen, der halbflüssigen und sogen. trockenen Form, kaum vorhanden. Die menschlichen Absonderungen bedürfen, um Keimfreiheit zu erzielen, der Zufuhr größerer Mengen eines Desinfektionsmittels als andere fäulnisfähige Abfallstoffe; auch kann die zur Desinfektion erforderliche Zeit größer sein. Der Grund für diese Thatsache ist, daß jene Stoffe einen Teil des Desinfektionsmittels binden und daher wirkungslos für die Vernichtung der Keime machen.

Den Zustand der Keimfreiheit zu schaffen, ist Absicht der Desinfektion; den Zustand der Geruchlosigkeit erstrebt man durch die Desodorisation. Die

Befreiung flüssiger Abfallstoffe von den — sichtbaren — Schwimm- und Schwebestoffen ist Gegenstand der Klärung von Schmutzwässern; nebensächlich findet dabei in der Regel auch in gewissem Umfange Befreiung von im Wasser gelöst enthaltenen schädlichen Stoffen statt.

Völlige Keimfreiheit bei jedem Reinigungsverfahren von Abfallstoffen zu fordern, ist auch vom gesundheitlichen Standpunkte unnötig, da es nur darauf ankommt, die Schädlinge unter den Mikroben zu vernichten. Die Existenzmöglichkeiten der Schädlinge sind teilweise andere als die der gesundheitlich harmlosen Mikrobenarten, dazu auch nach den einzelnen Arten und Formen wechselnd, im allgemeinen aber bekannt. Daher ist nach dem Befunde der bakteriologischen Untersuchung ein Urteil darüber möglich, ob durch die stattgefundene Reinigung eine Vernichtung der pathogenen Mikroben erwartet werden darf oder nicht. Hierauf ist die Bedeutung der Forderung der Keimfreiheit von Abfallstoffen beschränkt; hierin ist aber auch die Ueberlegenheit der bakteriologischen Untersuchung der Reinigung unterworfen gewesener Abfallstoffe über die chemische Untersuchung begründet. Denn die chemische Untersuchung des durch die Reinigung erhaltenen Produkts kann wohl die einzelnen Bestandteile desselben ermitteln und gewisse Schlußfolgerungen erlauben, nicht aber ein Urteil über die Hauptfrage, nämlich darüber, ob die gereinigten Abfallstoffe noch infektiöse Bestandteile enthalten oder nicht? Hierzu setzt einzig der bakteriologische Befund in den Stand. Der Effekt der Desinfektion von menschlichen Absonderungen wird in der Regel daran erkannt, ob das darin enthaltene *Bacterium coli commune* vernichtet worden ist oder nicht. Dieses Bakterium kann als Prüfstein genügen, weil es gegen Desinfektionsmittel widerstandsfähiger ist als der Erreger des Typhus und erheblich widerstandsfähiger als der Cholerabazillus.

Flüssige Abfallstoffe müssen so weit gereinigt werden, daß mit dem abfließenden Wasser nicht Infektionsstoffe in offene Gewässer bzw. ins Grundwasser gelangen. Auch sonst muß die Reinigung soweit gehen, daß durch die Zuführung Flußwasser nicht für die gewöhnlichen Gebrauchszwecke ungeeignet und dem Fischleben nicht schädlich wird. Unmittelbare Gebrauchsfähigkeit des Flußwassers als Trinkwasser kann aber in der Regel nicht gefordert werden. — Die in einen Fluß u. s. w. eingeleiteten gereinigten Wasser müssen möglichst frisch sein. Wo dies wegen größerer Entfernung vom Flusse nicht ohne weiteres möglich ist, kann man künstlich vielleicht durch Zuführung reinen Wassers — Verdünnung — helfen.

Gewisse Reinigungsmittel oder -Verfahren bieten ihrer Natur nach die Gewähr, daß wenn auch nicht Keimfreiheit dadurch erzielt wird, so doch Infektionsfreiheit. Hierher gehört z. B. die Desinfektion durch Dampf. Hingegen bieten andere Reinigungsverfahren, wie z. B. dasjenige durch Filtration (und Berieselung), jene Gewähr nicht. Bei solchem Verfahren muß daher die Forderung der Keimfreiheit bei der Beurteilung der Leistung grundsätzlich aufrecht erhalten bleiben.

Alle drei Vorgänge: Desinfektion, Desodorisation und Klärung vollziehen sich in längerer Dauer durch die eigene Tätigkeit der Natur, wobei teils biologische Vorgänge, teils chemische Prozesse, teils physikalische Faktoren (Temperatur und Feuchtigkeit) mitwirken. Das Eingreifen der menschlichen Tätigkeit geschieht mit der Absicht, die „natürliche“ Dauer jener Vorgänge auf ein Kleinstmaß abzukürzen. —

Die Aufgabe der Desinfektion läßt sich theoretisch auf zwei Arten lösen: a) dadurch, daß die vorhandenen Mikroben durch ihnen feindliche Stoffe direkt vernichtet werden; b) mittelbare Vernichtung durch Entziehung der Nahrung.

Der Weg zu a) ist, wenn es sich um flüssige Abfallstoffe handelt, wenig gangbar, weil die Vernichtungsmittel zu kostspielig sind und auch die Wirkung

nicht in jedem Falle sicher ist. Die Schwierigkeit liegt besonders darin, daß eine genügend innige Mischung der verhältnismäßig geringen Menge der Desinfektionsmittel mit der großen Menge der Abwässer praktisch kaum erreichbar ist. Auch kommt in Betracht, daß die Desinfektionsmittel von hoher Wirksamkeit Gifte sind, deren Anwendung in größeren Mengen sich verbietet. Dasselbe Bedenken richtet sich, wenn auch in vermindertem Grade, gegen das nahe liegende Mittel, die Abwässer so sauer oder so alkalisch zu machen, daß alles organische Leben darin aufhört.

Ebenso wenig als die direkte Vernichtung erscheint die indirekte möglich, weil dem vollständigen Herausschaffen der Nahrungsmittel aus dem Wasser der Umstand im Wege steht, daß neben der in den Schwebestoffen der Abwässer enthaltenen Nahrung, solche auch in Lösung anwesend ist. Wenn es also auch gelingt, die in sichtbarer Form vorhandene Nahrung aus den Abwässern zu entfernen, so bleibt noch genug Nährmaterial von gelöster Form in dem von Schwebestoffen befreiten Wasser übrig, um selbst für ein üppiges Mikrobenleben ausreichend zu sein.

Die Gesundheitspflege muß also notgedrungen von der Strenge ihrer Forderungen ablassen und sich mit dem praktisch Erreichbaren begnügen; dies wird etwas mit Ort und Zeit Wechselndes sein. Es mag dazu eine Auslassung Kochs mitgeteilt werden, welche derselbe vor einigen Jahren in einem Gutachten über die Wiesbadener (mit chemischen Mitteln arbeitende) Kläranlage gethan hat. Dieselbe lautet etwa wie folgt:

Auch das beste der bisher bekannten Verfahren, die Berieselung, erreicht selbst unter den günstigsten Bedingungen das gesteckte Ziel nicht, wegen der Notwendigkeit bei stark vermehrtem Zufluß infolge heftiger Regenfälle mehr oder weniger große Mengen nicht desinfizierter, noch fäulnisfähiger Stoffe in die offenen Gewässer einzuleiten. Solche Reinigungsverfahren, die gewissermaßen nur einen Ersatz der Berieselung bilden (chemische Klärung), sollten schon aus diesem Grunde eine etwas weniger strenge Beurteilung erfahren. — Was die Desinfektionsleistung betrifft, so darf die Untersuchung sich nicht darauf beschränken, die Wasser nur an der Eintritts- und Austrittsstelle zu untersuchen, weil es sehr wohl möglich ist, daß die dem Wasser zugesetzten Chemikalien das Wasser keimfrei machen, daß dasselbe aber beim Passieren der weiteren Abschnitte der Kläranlage aus abgelagerten bakterienreichen Schlammmassen wiederum Mikroorganismen aufnimmt, die sich rasch erheblich vermehren. Es darf daher daraus, daß das geklärte Wasser an der Ausflußstelle wieder sehr keimreich ist, nicht geschlossen werden, daß das Klärverfahren die ursprünglich in dem Wasser vorhandenen Keime nur in unzureichender Weise beeinflusst habe. Weiter ist zu berücksichtigen, daß wenn das Schmutzwasser einmal wirklich desinfiziert ist, eine nachträgliche neue Bakterienentwicklung, wenn dieselbe nur nicht die Entwicklung stinkender Zersetzungsprodukte zur Folge hat, vom hygienischen Standpunkte aus nicht bedenklich erscheint. Denn es handelt sich alsdann nur um unschädliche, in jedem Flußwasser mehr oder weniger reichlich vorkommende Mikroorganismen. Beispielsweise enthält die Spree an der Wasserentnahmestelle für Berlin bei Stralau mehr als 100 000 Keime in 1 ccm, angesichts welcher Thatsache man doch nicht verlangen kann, daß das Abwasser einer Stadt auf seinem ferneren Laufe bakterienarm oder gar bakterienfrei sein soll. Berechtigt ist nur die Forderung, daß es infektionsfrei sei.

Von Seiten der Gesundheitspolizei sind mehrfach folgende Bedingungen für den Zustand gereinigter Schmutzwasser festgesetzt worden: Die aus der Reinigungsanlage austretende Flüssigkeit soll frei von allen mit bloßem Auge wahrnehmbaren schwimmenden, suspendierten und sinkfähigen Stoffen sein, ferner geruchlos und in 15 cm dicker Schicht klar und farblos, endlich in geschlossenem oder offenem Gefäß für sich aufbewahrt 10 Tage lang in demselben Zustande haltbar sein.

Diese Bedingungen sind gewöhnlich unschwer erfüllbar, ohne daß eine wirkliche Reinigung der Schmutzwasser damit gesichert ist.

Im übrigen scheint es angezeigt, bevor auf die einzelnen Arten der Reinigung von Abfallstoffen eingegangen wird, die Bemerkung vorausschicken, daß

keines derselben für alle Fälle, oder auch nur für eine Anzahl von Fällen, das allein geeignete sein kann. Indem das eine oder andre Verfahren zuweilen besonders gute Erfolge gehabt hat, ist dieses Verfahren ungebührlich und ohne Vorbehalte angepriesen worden. Man hat dabei die Thatsache hintan gesetzt, daß ein unter bestimmten Verhältnissen und Bedingungen erzielter guter Erfolg nicht erwartet werden kann, wenn in einem andern Falle Verhältnisse und Bedingungen andre sind. Allgemein passende Lösungen der Aufgabe der Reinigung von Abfallstoffen kann es deshalb nicht geben.

§ 166. Als Mittel stehen für die Zwecke der Desinfektion, Desodorisation und Klärung zu Gebote:

1. Hohe Temperaturen;
2. Chemikalien in größerer Zahl;
3. Luft, Licht, Elektrizität;
4. Wasser, Boden, Erde und andre filtrierende Stoffe;
5. Bewegung, Ruhe.

Diese Mittel können sowohl für sich als teilweise auch miteinander verbunden zur Anwendung kommen.

Für hohe Temperaturen können als Träger Luft, Wasser und Dampf angewendet werden; man hat es bei dem erstgenannten Träger mit sogen. „trockener“ Hitze, die beliebig hochgetrieben werden kann, und beim zweiten mit „Kochen“ zu thun; hier ist die Hitze auf 100° begrenzt. Wasserdampf kann ohne und mit Ueberdruck, d. h. mit Temperaturen, die 100° und auch darüber betragen, angewendet werden. Im allgemeinen ist die Temperatur von 100° oder wenig darüber zur Vernichtung vegetativen Lebens ausreichend; nur bei gewissen Formen einzelner Arten von Mikroben (Sporen- oder Dauerform) scheint diese Temperatur nicht immer sicher zu genügen.

Es ersieht sich, daß die Desinfektion unter Anwendung von Hitze im allgemeinen auf trockene Gegenstände beschränkt ist: trockene Abfallstoffe in beliebigen Mengen, Reste von Tieren und ganze Kadaver können durch Verbrennung mineralisiert (desinfiziert) werden. Möbel, Kleidungsstücke, Wäsche und andere Stücke, die zur Ausrüstung des Haushalts u. s. w. dienen, sind sowohl in trockener Hitze als in Dampf desinfizierbar. Mit Infektionsstoffen beladene menschliche Absonderungen, Flüssigkeiten, krankes Fleisch und ganze Tierkörper können durch Kochen oder auch Dämpfen von ihren Schädlichkeiten befreit werden.

Die Desinfektion mit chemischen Mitteln ist gut anwendbar nur bei flüssigen Abfallstoffen (Schmutzwässern), viel weniger gut bei dickflüssigen und kaum noch bei trockenen Abfallstoffen.

Elektrizität, Licht, Luft, Wasser, Erde, Boden, Ruhe und Bewegung sind diejenigen Mittel, welche sich vorzugsweise zur Reinigung von großen Mengen flüssiger Abfallstoffe eignen; Licht, Wasser, Erde, Boden sind jedoch auch in beschränktem Maße bei der Desinfektion trockener Abfallstoffe gebrauchsfähig.

Manche von den zur Desinfektion geeigneten chemischen Mitteln dienen gleichzeitig dem Zwecke der Desodorisation; doch giebt es dafür auch besondere chemische Stoffe, die desinfizierende Wirkungen nicht äußern. Desodorisierend wirken ferner Wasser, Erde, Boden.

An jedes Desinfektions-, auch an ein Desodorisationsmittel ist, abgesehen von der Forderung der Wirksamkeit, die Anforderung zu stellen, daß die Wirkung in kurzer Frist erfolge, daß die Handhabung und Anwendung durch kundige Hände nicht Gefahren für den Ausführenden oder andre oder besondere Schädigungen des der Desinfektion unterworfenen Gegenstandes mit sich bringe, daß die Ausführung

nicht schwierig, und endlich daß das Mittel nicht hoch im Preise sei, was zuweilen darauf hinauskommt, daß nicht zu große Mengen des Mittels erforderlich seien.

Nach diesen Grundsätzen beurteilt, scheidet eine Anzahl an sich geeigneter Desinfektionsmittel aus, und bleibt nur eine beschränkte Zahl übrig, die noch geringer wird, wenn es sich um Desinfektion von Massengegenständen handelt. Beispielsweise wird man ein Mittel, dessen Wirkung erst nach mehreren Stunden oder gar Tagen eintritt, verwerfen, desgleichen ein solches, das die Masse des desinfizierten Gegenstandes beträchtlich vermehrt, oder dem Gegenstande Gifte oder Stoffe in solchen Mengen zuführt, daß der spätere Zustand oder Verbleib ernstere Bedenken dieser oder jener Art hervorruft. Es ist hieraus erkennbar, daß, auch abgesehen von dem großen Einfluß, den die Oertlichkeit übt, Regeln oder Rezepten für Desinfektions- und Reinigungseinrichtungen geringe Bedeutung zukommt, vielmehr jeder einzelne Fall nach seinen Besonderheiten behandelt sein will, oder, was auf dasselbe hinauskommt: bei solchen Einrichtungen die sachverständige Mitwirkung eines Spezialisten dieses Gebiets nicht entbehrt werden kann.

1. Kapitel.

Reinigung (Desinfektion) flüssiger Abfallstoffe.

§ 167. Nach Gebeck (Zeitschrift für angewandte Chemie, 1893) lassen sich alle Abwasser in drei große Gruppen sondern:

Gruppe 1: Abwasser, welche nur, oder doch vorzugsweise durch Schwebestoffe verunreinigt sind.

Gruppe 2: Abwasser, welche vorwiegend mineralische Stoffe enthalten.

Gruppe 3: Abwasser, die besonders durch stickstoffhaltige organische Verbindungen verunreinigt sind.

Die Abwasser der Gruppe 1 entstammen vorwiegend gewissen Fabrikbetrieben, z. B. Stärkefabriken, Zuckerfabriken, Brennereien u. s. w. Ihre besondere Schädlichkeit liegt darin, daß sie den offenen Gewässern große Mengen von Schlamm zuführen, die bei einem immer vorkommenden Anteil von organischen Stoffen auch fäulnisfähig sind. Grundsätzlich ist für solche Wasser die Befreiung von Schlamm in Absatzbecken (Kleinbecken) angezeigt. Erscheint dann noch eine Nachreinigung notwendig, so eignen sich dazu Filtration oder Berieselung. Der abgesetzte Schlamm ist an der Sonne oder künstlich zu trocknen und danach als Dünger zu verwenden, oder durch Verbrennung zu mineralisieren.

In den Abwässern der Gruppe 2 sind die Verunreinigungen in mehr oder weniger gelöstem Zustande enthalten. Ihre Schädlichkeit wird nach dem Grade der Verdünnung, in der sie vorkommen, beurteilt; es kann ihnen daher durch ausreichend weitgehende Verdünnung die Schädlichkeit benommen werden. — Abwässer, welche niedere Oxydationsstufen der Metalle (Oxydule) in Lösung enthalten, müssen vorher sicher oxydiert werden, was sich z. B. durch Gradieren oder Herabrieseln an Drahtnetzen, die sogen. atmosphärische Oxydation, erreichen läßt. Mit Salzen verunreinigte Wässer müssen eingedickt und auf Wiedergewinnung wertvoller Bestandteile behandelt werden.

Manche Reinigungsverfahren dieser Art haben den Charakter des bloßen Reinigungsmittels verloren und sich zu selbständigen industriellen Nutzungsweisen entwickelt. (Beispiel: die Verarbeitung des Ammoniakwassers der Leuchtgasbereitungs-Anstalten und andre.)

Bei den Abwässern der Gruppe 3 lassen sich zwei Klassen unterscheiden:

- a) solche, die vorwiegend stickstofffreie Verunreinigungen enthalten, und
- b) solche, in denen die stickstoffhaltigen den Hauptteil der Verunreinigung ausmachen.

Unter 3a) fallen manche Fabrikwasser, die mit Kohlehydraten beladen sind. Dieselben neigen stark zur Oxydation und Bildung von organischen Säuren, dürfen deshalb nicht stagnieren, sondern sind in schnellem Abfluß zu halten. Zu ihrer Reinigung können Chemikalien, Aetzkalk, schwefelsaure Thonerde und andere Basen, die mit den Kohlehydraten schwer lösliche Verbindungen eingehen, benützt werden.

Die Abwässer zu 3b) sind die eigentlichen städtischen Abwässer, welche die verunreinigenden Stoffe sowohl schwebend als in gelöster Form enthalten. Sie neigen zur stinkenden Fäulnis und sind im allgemeinen für landwirtschaftliche Nutzung gebrauchsfähig. Die Schwebestoffe können darin in solcher Menge enthalten sein, daß eine unmittelbare Aufleitung auf den Boden, der sie aufnimmt, eine zu starke Auftragung bewirken würde, oder auch den Boden außer Stand setzt, sie genügend zu verarbeiten, zu binden oder zu oxydieren. Alsdann ist zuvorige Klärung notwendig. Die Abwässer dieser Gruppe können landwirtschaftlich auch minderwertig oder ganz wertlos sein, wenn neben den düngenden Stoffen spezifisch schädliche — aus Fabriken stammende — in ihnen enthalten sind; z. B. stärker konzentrierte Säuren, ätzende Stoffe, Chlornatrium, Eisen und Alkalien in hohen Anteilen u. s. w.

Gewöhnlich ist bei den Abwässern dieser Untergruppe für die landwirtschaftliche Nutzung eine zu starke Verdünnung der düngenden Stoffe viel mehr als eine zu starke Konzentration vorhanden. Es wird eine übergroße Wassermenge mitgeführt, deren Unterbringung auf dem Acker zu gewissen Jahreszeiten, besonders in Perioden, in denen viel Regen fällt, oder Frost herrscht, große Schwierigkeiten verursachen kann, und ohne daß irgend ein Nutzen erzielt wird.

Unter Verweisung auf S. 165, wo bereits eine kleine Anzahl summarisch gehaltener Analysen städtischer Schmutzwasser mitgeteilt ist, folgt hier noch eine kleine Reihe anderer, etwas eingehender gehaltener Analysen, welche Roechling, (Rivers Pollution and Rivers Purification), mitteilt.

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm Abwasser aus	Ver- dampfungs- rückstand	Gelöste Stoffe				Ver- brauch an KMnO ₄	Chlor	Schwebestoffe		Keime in 1 ccm
		Davon		Ammoniak				mine- ralisch	orga- nisch	
		mine- ralisch	orga- nisch	freies	gebun- denes					
London (Mittel aus 181 Analysen) . .	847	571	276	45,1	5,5	—	150	179	212	—
Durchschnitt von 15 englischen Städten (Mittel a. 236 Anal.)	748,1	559,4	188,7	37,63	8,19	27,7	99,3	162,4	188,9	—
Lawrence (Massachu- setts) (Mittel aus 15 Analysen) . .	420	257	163	17,9	3,8	—	5,14	38	86	609 186

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm Abwasser aus	Ver- dampfungs- rückstand	Gelöste Stoffe				Ver- brauch an KMnO ₄	Chlor	Schwebestoffe		Keime in 1 ccm
		Davon		Ammoniak				mine- ralisch	orga- nisch	
		mine- ralisch	orga- nisch	freies	gebun- denes					
Paris	980	250	730	—	21,0	—	—	1321	498	20 000
Berlin (Mittel aus 30 Analysen) . .	1045,1	731,8	313,3	106,9	21,1	87,5	218,5	383,6	754,9	38 000 000
Breslau (Mittel aus 12 Analysen) . .	699,6	493,6	206,0	103,8	—	53,6	145,4	118,3	311,2	—
Danzig	683	522	161	64,6	11,6	—	—	226	356	—
Frankfurt a. M. (Mittel aus 8 Analysen) .	898	381	517	63,0	11,0	18	—	358	806	—
Mittel	790,1	470,7	319,4	62,70	11,74	46,7	132,9	348,3	401,6	—

In den gelösten Stoffen herrschen die mineralischen mit etwa 60 % — gegen 40 % der organischen — vor. In den Schwebestoffen besteht das umgekehrte Verhältnis: die organischen sind in geringem Ueberschuß über die mineralischen vertreten. Doch bestehen unter dem Wasser aus verschiedenen Städten große Unterschiede. Die Abwasser der englischen und amerikanischen Städte sind (wegen des höheren Wasserverbrauchs) viel weniger verunreinigt als die des europäischen Kontinents.

§ 168. Ist in erreichbarer Nähe ein offenes Gewässer vorhanden, so werden die Städte die Gelegenheit zur Einleitung ihrer Abwässer in dasselbe gern ergreifen. Da die offenen Gewässer die „natürlichen“ Rezipienten für Flüssigkeiten sind, ist die Einleitung auch als ein natürliches Recht der Anlieger zu betrachten, das nur insoweit Beschränkungen unterliegt, als die Benutzung desselben nicht Schaden für die Allgemeinheit mit sich bringt. Aber dieser Schaden muß, um Beschränkungen zu rechtfertigen, einen gewissen größeren Umfang erreichen, der den Nutzen, welcher für die Stadt (die ebenfalls als „Allgemeinheit“ gilt) mit der Einleitung verbunden ist, überwiegt. Auf dieser Anschauung basiert der heutige Rechtszustand und demselben entsprechen auch die in Abschnitt IV mitgeteilten Bestimmungen des Entwurfs zu einem neuen Gesetz über das Wasserrecht in Preußen.

Gesundheitliche Vorzüge, welche mit der Einleitung von Abwässern in öffentliche Gewässer verbunden sind, bestehen darin, daß die zeitweilige Aufspeicherung und damit die Vergrößerung der Schädlichkeit fortfällt; dazu werden, ausreichende Größe des Gewässers vorausgesetzt, Geruchbelästigungen vermieden. Vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt betrachtet, wird die Einleitung für die Städte immer dasjenige Verfahren sein, welches denselben die geringsten Kosten verursacht. Mängel der Einleitung bestehen: a) in der Ausbreitung von Schädlichkeiten; b) in der Schädigung der Gewässer durch Ablagerungen auf der Flußsohle und an den Ufern; c) Verlust der in den Abwässern enthaltenen Dungstoffe; d) Vielleicht Schädigung des Fischlebens.

Zu a) ist darauf hinzuweisen, daß die selbstreinigende Kraft der Gewässer im allgemeinen beschränkt ist, daher die Faulstoffe, bis daß die Mineralisierung vollendet ist, einer mehr oder weniger lange Zeit bedürfen, während deren sie im fließenden Wasser einen mehr oder weniger langen Weg zurücklegen. Bestimmte Angaben hierzu im Abschnitt IV, 2. Kapitel. Zum Punkte b) könnte Befreiung der Abwasser

von den Schwebestoffen vor ihrer Einleitung gefordert werden. Der zu c) erwähnte Verlust kann bei größeren Städten durch die Kostenersparnis, die denselben erwächst, mehr als ausgeglichen werden; bei Städten minderer Größe kann aber der Verlust den Gewinn übersteigen. Mithin spielt hier die Stadtgröße eine Rolle. Zu d) ist anzuführen, daß es dabei durchaus auf die Menge der Schmutzstoffe im Vergleich zur Größe des Gewässers ankommt. Bei günstigem Verhältnis kann das Fischleben desselben sogar eine Förderung erfahren. (Vergl. S. 84 ff.)

Die Erledigung aller gegen die Einleitung von Schmutzwasser in Flüsse zu erhebenden Einwände kommt auf Größe und Beschaffenheit des Flusses, auf die Benutzungsweise desselben, sowie darauf hinaus, an welcher Stelle die Einleitung erfolgen soll. Alles Nötige hierzu ist bereits in den Abschnitten IV und V mitgeteilt. Ergänzend ist nur folgendes hinzuzufügen. Die Zulässigkeit der Einleitung wird insbesondere mit Rücksicht darauf zu prüfen sein, ob der Fluß zur Entnahme von Trinkwasser dient oder nicht? Hierbei kommt wieder in Betracht, an welcher Stelle die Trinkwasserentnahme stattfinden soll. Ist Trinkwasserentnahme ausgeschlossen, so kommt der wesentlichste unter den Hinderungsgründen in Wegfall; findet dieselbe statt, oder ist die Möglichkeit davon jetzt oder in naher Zukunft wahrscheinlich, so sind die Entfernung der Entnahmestelle von der Einleitungsstelle und die Flußgeschwindigkeit maßgebend. Ist erstere groß und letztere klein genug, damit bis zur Errichtung der Entnahmestelle die vollständige Mineralisierung der Faulstoffe, sowie die Vernichtung etwa mit zugeführter pathogener Mikroben mit Sicherheit erwartet werden kann, so steht der Einleitung füglich kein Hindernis entgegen, da die bloße Möglichkeit, daß an stromauf liegenden Stellen gelegentlich eine Entnahme des Wassers für diesen oder jenen Zweck stattfinden könnte, angesichts des positiven Nutzens, welcher der betreffenden Stadt zugewendet wird, vielleicht sogar die Befreiung aus einer Notlage, nicht berücksichtigt werden darf. Auszunehmen ist unter Umständen der Fall, daß die betreffende Flußstrecke einem regeren Schiffsverkehr dient und die Schiffsbevölkerung sich des Wassers zum Trinken bedient. Einleitung innerhalb des Gebietes, aus dem die Schmutzwasser erfolgen, oder auch nur nahe der Grenze desselben ist ausgeschlossen; die Einleitungsstelle muß ein beträchtliches Stück stromabwärts liegen. Je größer der Fluß und je weiter die Auslaßstelle in die Strommitte vorgerückt wird, je rascher die Verdünnung erfolgt und je höher der Grad derselben ist, um so mehr kann dies Stück verkürzt werden und umgekehrt.

Bei der Einleitung in See- oder Meeresbuchten sind Ebbe und Flut, Küstenströmung, Richtung der herrschenden Winde, Tiefe des Seebodens, Strandbeschaffenheit zu berücksichtigen. Der eine oder andre dieser Faktoren darf ungünstig sein, wenn nur die Tiefe groß genug ist, damit Wiederauswerfen des Schmutzes am Strande ausgeschlossen ist.

Ob Meerwasser eine größere Desinfektionskraft besitzt als Flußwasser, scheint noch nicht sicher festgestellt, ist aber sehr wahrscheinlich, wenn sein Gehalt an Chloriden einigermaßen groß ist. Im Meere bilden die Schmutzstoffe — vorausgesetzt, daß sie „frisch“ hineingelangen — ein willkommenes Nährmittel für das Fischleben. Man kann in der Förderung desselben unter Umständen einen mehr als ausreichenden Ersatz für den Verlust der Schmutzstoffe als Düngemittel erblicken.

Die Frage der Einleitung der Schmutzwässer in offene Gewässer ist eine sehr vielgestaltige. Besondere Aufmerksamkeit ist derselben seitens des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zugewendet worden. Der Verein hat seine Auffassung zu dieser Frage in einer auf der 13. Versammlung zu Breslau 1886 beschlossenen These wie folgt ausgesprochen:

„Die Reinigung der städtischen Abwasser vor ihrer Zuführung in die Flußläufe

bleibt nach wie vor anzustreben. Bei dem jetzigen Stande der Technik und den erheblichen, mit jeder Reinigung verbundenen Kosten empfiehlt es sich jedoch, die Forderung der Reinigung nur in denjenigen Fällen zu erheben, wo gesundheitliche Mißstände zu befürchten sind, oder sonstige erhebliche Uebelstände sich fühlbar machen, und nur in einem solchen Umfange, als zur Beseitigung dieser Uebelstände geboten ist.⁴

Einer ähnlichen oder noch weitergehenden Auffassung huldigen v. Pettenkofer und andre Hygieniker, worüber im Abschnitt IV, Kapitel 2, zu vergleichen ist. An andern Stellen herrschen entgegengesetzte Auffassungen, wie solche z. B. von Frank in einem längeren inhaltreichen Artikel in der Hygienischen Rundschau 1893, Heft 10, vertreten werden.

Nachdem eine Zeitlang die Einleitung von Schmutzwässern in die Flüsse seitens der Hygieniker mit nicht zahlreichen Ausnahmen perhorresziert worden ist, wird neuerdings mehrfach ein abweichender Standpunkt bemerkbar. Der Gründe dafür sind mehrere: Zunächst die fortgeschrittene Erkenntnis des mikroskopischen Lebens, welche den Kreis der pathogenen Mikroben im allgemeinen eingeschränkt, die schädlichen Arten, ihre Lebensbedingungen und die Umstände, an welche ihre Schädlichkeit geknüpft ist, genauer erkannt hat. Sodann der Fortschritt in der Erkenntnis von Desinfektionsmitteln, ihrer Anwendungsformen und Anwendungsfähigkeit. Weiter der Umstand, daß die Benutzung der Flüsse zur Trinkwasserentnahme neuerdings immer seltener wird, nachdem in dem Grundwasser ein mehr als vollwertiger Ersatz für dasselbe gefunden worden ist. — Endlich mag auch die Wahrnehmung der Thatsache, daß durch die Verhinderung der Einleitung der Schmutzwasser in die Flußläufe Städte in finanziell unüberwindliche Schwierigkeiten versetzt werden können, und alsdann die beabsichtigte gesundheitliche Verbesserung ganz unterlassen, oder nur in weniger vollkommener Weise zur Ausführung bringen, ebenfalls zur Erklärung der vorangestellten Erscheinung beigetragen haben.

Fränkel (Hygienische Rundschau 1896, H. 1) ist der Ansicht, daß mit dem mehr und mehr erfolgenden Verzicht auf die Flüsse zur Trinkwasserentnahme die Erlaubnis zur Nutzung derselben für Einleitung von Schmutzwasser wieder öfter als bisher erteilt werden könne. Zur Sicherheit beim Auftreten von Epidemien ließen sich vorübergehend Desinfektionseinrichtungen treffen. Daß durch letztere Maßregel ausreichende Sicherheit zu schaffen ist, mag indes bezweifelt werden. In der Regel wird die Desinfektion erst in Wirksamkeit gesetzt werden, wenn bereits eine Anzahl von Infektionsfällen dagewesen ist, und sodann ist die Aufgabe, so große Mengen von Schmutzwässern, als um welche es sich hier handelt, zu desinfizieren, wohl kaum mit vollkommener Sicherheit für den Erfolg zu beschaffen, namentlich nicht mit Einrichtungen, die in der Regel außer Betrieb sind und nur im Notfalle — vorübergehend — in Betrieb genommen werden. Indessen sind mit Bezug auf diese Punkte von der Zukunft jedenfalls noch Vervollkommnungen zu erwarten. Der hier und da erhobene Einwand, daß es dem Empfinden zuwiderlaufe, Wasser zu genießen, welches auch in einem weit zurückliegenden Zeitpunkt mit Abfallstoffen verunreinigt worden sei, hält vor einer vernünftigen Anschauung nicht Stand. Der andere, daß dadurch das Wasser für gewisse industrielle Zwecke ungebrauchsfähig werde, mag in einzelnen Fällen begründet sein; er muß aber der überwiegenden Nützlichkeit und dem Umstande, daß es der Industrie nicht an Hilfsmitteln fehlt, zurückstehen.

§ 169. Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft besitzt oxydierende Wirkungen, die auch in mehrfacher Weise zur Reinigung von Abwässern benutzt sind, immer so, daß man den Schmutzstoffen Gelegenheit gab, in ausgiebige Berührung mit der Luft zu treten. Dies erfolgt z. B., wenn man die Wasser-

masse in dünnen Strahlen oder Fäden oder Tropfen auflöst, die eine gewisse Höhe frei durchfallen (Kaskaden) oder an festen Gegenständen: Drahtgeweben, Gradierwerken, herabrieseln. Ebenfalls kann man das Wasser durch Einblasen von Luft in den Strom desselben oder in Becken von unten mit Sauerstoff „anreichern“; dabei entstehen aber schlimme Geruchbelästigungen. Es liegen Versuche und Vorschläge vor, gepresste Luft in Schmutzwasser einzublasen, desgleichen durch den elektrischen Strom die im Wasser enthaltene Luft zu „ozonisieren“ und wirksamer zu machen, auch Vorschläge, durch Einblasen von Luft die Schwebestoffe aus dem Wasser zu entfernen (Lueger, Deutsche Bauzeitung 1891). Die größere oder geringere Wirksamkeit des Luftsauerstoffs ist aber von der spezifischen Beschaffenheit der Schmutzwasser in hohem Maße abhängig, von Bedingungen, die noch nicht genau festgestellt sind. Sicher ist nur, daß die Uebertragung des Sauerstoffs auf die zu oxydierenden Stoffe das Werk von Mikroben ist und daneben rein chemische Wirkungen im Spiele sind. Fehlt es dem Schmutzwasser an Sauerstoff — ist derselbe z. B. zur Oxydation mineralischer Stoffe verbraucht worden — so fehlt den Nitrobakterien die Möglichkeit des Aufkommens, und diese entwickeln sich erst in einer mehr oder weniger langen Zeit, wenn wieder ausreichende Sauerstoffmengen zugetreten sind. Die bisher mit der sogen. „atmosphärischen Oxydation“ erzielten Wirkungen sind aber sehr ungleich; nur längere praktische Erprobung vermag brauchbare Unterlagen für die von einer betreffenden Anlage zu erwartende Leistung zu liefern. Meist hat man die atmosphärische Oxydation auch nur als Hilfsmittel zu einer etwas weitergehenden Reinigung von schon vorgereinigten Wassern angewendet. Oder es sollte damit eine längere Haltbarkeit des gereinigten Wassers gegen Fäulnis erzielt werden.

§ 170. Daß das Sonnenlicht desinfizierende Eigenschaften besitzt, ist eigentlich schon so lange bekannt, als man den wohlthätigen Einfluß des Strahlungslichtes der Sonne auf die Beschaffenheit der Luft geschlossener Räume kennt. Doch ist erst in der neuesten Zeit der Beweis, daß direktes Sonnenlicht keimtötend wirkt, experimentell mehrfach erbracht worden. Die Vernichtung der Keime durch Licht erfolgt sowohl im Wasser als in der obersten bestrahlten Bodenschicht. Mit Sicherheit sind erst einige wenige pathogene Mikrobenarten bekannt, welche durch Sonnenlicht vernichtet oder in ihrer Entwicklung gehemmt werden. Darüber, ob unter den durch Sonnenlicht vernichtbaren auch Cholera- und Typhusbazillen sich befinden, sind die bisherigen Forschungen noch nicht zur Einstimmigkeit gelangt; doch ist große Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden. Die Wirkungen des Sonnenlichts erstrecken sich in klarem Wasser bis auf 2 m Tiefe. Die verschiedenen Strahlen (Farben) des — zusammengesetzten — Sonnenlichts weisen in ihren Wirkungen auf die Keime Verschiedenheiten auf. Es handelt sich daher um ein vorläufig noch nicht allseitig erforschtes Mittel, dessen Verwendbarkeit für größere praktische Zwecke noch sehr dahin steht. Der nichtsdestoweniger von Buchner gemachte Vorschlag zur Benutzung etwa in der Weise, daß man keimhaltige Wasser in Behältern, deren Fassungen helle Färbung haben, der Sonnenbestrahlung aussetzen solle, scheint daher verfrüht. Die Zweifel an der Brauchbarkeit gründen sich zudem auf den Umstand, daß über Stärke und Dauer der Bestrahlung nicht die mindeste Herrschaft gegeben ist.

Ob und welchen Ersatz für das Sonnenlicht etwa künstliches Licht gewähren kann, ist noch nicht erforscht.

§ 171. Elektrizität ist in mehreren Formen bisher wohl nur versuchsweise zur Reinigung von Abwässern zur Anwendung gekommen. Dieselben haben

ergeben, daß keine Form im großen anwendbar ist, ohne übermäßige Kosten zu erfordern; auch der Erfolg scheint noch nicht zweifelsfrei zu sein. Näher bekannt geworden sind zwei Verfahren, das von Hermite (in Frankreich) und das von Webster (in England), letzteres 1887. Der Vorgang ist teils physikalischer, teils chemischer Natur. Webster stellt in einem sogen. elektrolytischen Kanal (Rinne) eine Anzahl eiserner Platten (Elektroden) nahe hintereinander auf und leitet einen von einer Dynamo erzeugten stärkeren Strom hindurch. Es wird dadurch Eisenoxyd gebildet, welches Schwebestoffe niederreißt. Durch gleichfalls entstehende Bildung von Gasen werden andre Schwebestoffe an die Oberfläche befördert. Daneben finden Zersetzungen insbesondere der Chlorverbindungen statt und es wird Sauerstoff frei. Dadurch entstehen Oxydationen verschiedener Körper, aber auch Reduktionen, z. B. salpetriger Säure, zu Ammoniak. Keime werden niedergeschlagen und auch, wenn freies Chlor anwesend ist, vernichtet. Die Wirkung ist um so größer, je größer die Elektroden, je länger die Einwirkung und je stärker der Strom; schwacher Strom ist wirkungslos. (Zentralblatt f. öffentl. Gesundheitspflege, Jahrg. 9 und Gesundheitsingenieur 1892.) — Hermite unterwirft Meerwasser, oder auch eine Wasserlösung von Chlormagnesium und Kochsalz, der Elektrolyse, zu der er eine Dynamo und besondere Apparate, „Elektrolyseure“, baut, in denen er als positive Elektroden Platinstreifen und als negative Zinkplatten verwendet. Er erhält durch die Elektrolyse aus dem natürlichen oder künstlich hergestellten Meerwasser eine Flüssigkeit, aus welcher eine stark desinfizierende Sauerstoffverbindung des Chlors und ein Oxyd abgeschieden werden. Erstere vernichtet Faulstoffe und Keime, letzteres fällt organische Stoffe. Höher organisierte Lebewesen sollen aber von der „Hermiteschen Flüssigkeit“, wenn sie reinem Wasser in der Menge von 25 % zugesetzt wird, nicht leiden. Der Zusatz zu Schmutzwässern kann unmittelbar an den einzelnen Entstehungsstätten der Schmutzstoffe erfolgen, doch bei einer Abwandlung des Systems auch so, daß den Schmutzwässern Chlornatrium oder Chlorcalcium nebst Thonerdesalzen unmittelbar zugeführt und alsdann die Elektrolyseure in das Wasser eingehängt oder eingestellt werden.

Mehrere andere Verfahrensweisen bei der Benutzung der Elektrizität sind bis jetzt, wie es scheint, über die Form bloßer Vorschläge nicht hinausgekommen.

§ 172. Hinsichtlich der Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit des Bodens bei Reinigung von Abfallstoffen ist das Erforderliche bereits in Abschnitt II, Kap. 2 und 3 mitgeteilt, hier also nur noch auf die verschiedenen Modalitäten, in denen die Reinigung ausgeführt wird, und deren Besonderheiten einzugehen.

Die Benutzung des Bodens zur Reinigung von Schmutzwässern ist alt; doch gingen die alten Anlagen dieser Art im Grunde wohl nur auf die Nutzung der düngenden Bestandteile für landwirtschaftliche Zwecke hinaus und war der Reinigungszweck bloße Nebensache. Man kann daher jene älteren Rieseinrichtungen nicht in unmittelbaren Vergleich mit den heutigen Rieselfeldern bringen.

Ohne daß eine strenge Grenze besteht, unterscheidet man Reinigung durch Bodenfiltration und Reinigung durch Berieselung; bei beiden leistet der Boden für den Reinigungszweck den Hauptteil.

§ 173. Die Filtration soll folgende besonderen Zwecke erfüllen:

- a) Ueberführung des organischen Kohlenstoffs in Kohlensäure (CO_2) und des organischen Stickstoffs in Salpetersäure (NHO_5).
- b) Vernichtung der pathogenen Keime.

Der Zweck zu a) wird, soweit es sich um die Nitrifikation handelt, durch die

Nitrobakterien erfüllt, welche auf den ungelösten in den Schmutzwässern enthaltenen Stickstoff Sauerstoff übertragen. Organische Schwebestoffe müssen, bevor die Thätigkeit der Nitrobakterien beginnen kann, durch das Wirken von Regen, Licht und gewisse Bakterienarten zerfallen sein. Gleichwie bei der Bildung der Kohlensäure kann auch die Mitwirkung chemischer Vorgänge nicht entbehrt werden.

Die biologischen sowohl als die chemischen Vorgänge setzen reichliche Anwesenheit von Sauerstoff voraus. Daraus folgt die Forderung, daß ein Filter für Reinigung von Schmutzwässern möglichst lufthaltig, d. h. porös sein muß, und daß, wenn die Porosität zeitweilig einen gewissen Grad unterschritten hat, Außerdienststellung, Reinigung und Belüftung notwendig ist. Filter können daher nicht dauernd, sondern nur mit Unterbrechungen arbeiten. Es folgt weiter, daß, um die Zahl der Unterbrechungen zu beschränken, dem Schmutzwasser vor Aufleitung auf das Filter die Schwebestoffe möglichst ganz entzogen werden müssen, was freilich — zum Schaden der Leistung — nicht immer ausgeführt wird. Am einfachsten ist es, vor dem Filter ein sogen. Absitzbecken einzuschalten.

Bei der Sandfiltration von Trinkwasser bildet sich durch Wucherung oben auf dem Filter rasch eine dünne Schicht aus Bakterien (und Algen), wodurch die verunreinigenden Stoffe an der Oberfläche oder dicht unter derselben zurückgehalten werden. In ähnlicher Weise spielt sich der Reinigungsvorgang von Schmutzwässern in der oberen Bodenschicht ab, da schon in geringer Tiefe das Mikrobenleben aufhört. Das Feld der chemischen Prozesse wird tiefer hinabreichen. Die gebildete Salpetersäure wird mit dem Drainswasser fortgeführt. Ob die Reinigung vollständig, kann durch Untersuchung auf Ammoniak und salpetrige Säure ermittelt werden; die Infektionsfreiheit des Sickerwassers ist aber nur auf Grund bakteriologischer Untersuchungen zu beurteilen.

Cooper teilt (in Roechling, The Sewage Farms of Berlin, Min. Exc. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin. 1891/92) Beobachtungen, die hiezu in Lawrence (s. weiterhin) gemacht wurden, mit. Es wurden in einem künstlichen Filter folgende Zahlen über den Gehalt an Keimen und an Stickstoff gefunden. Die Keimzahlen sind für 1 g, die Stickstoffzahlen in Milligramm für 1 l Filtermaterial zu verstehen.

bis	5 mm unter Oberfläche	Keime	1 000 000;	Stickstoff	11 00 mg
" 25	" "	"	550 000;	"	300 "
" 50	" "	"	500 000;	"	200 "
" 100	" "	"	105 000;	"	100 "
" 200	" "	"	45 000;	"	50 "
" 500	" "	"	33 000;	"	20 "
" 900	" "	"	45 000;	"	16 "
" 1200	" "	"	20 000;	"	16 "
" 1500	" "	"	25 000;	"	16 "

Für das abfließende Sickerwasser ist, wenn nicht infolge hoher Lage reichliches Gefälle vorhanden, durch Drainage in 1,5—3 m Tiefe die nötige Vorflut zu schaffen.

Wegen der stattfindenden Mitwirkung chemischer und physikalischer Faktoren übt die Bodenbeschaffenheit einen wesentlichen Einfluß. Es zeigt sich, daß gewöhnlicher feiner Sand wenig gute Leistungen giebt, bessere grobkörniger Sand (Kies) und Sand mit Humusteilen oder Lehmgemisch. Fetter Humusboden ist aber nicht wohl geeignet. Stark lehmiger Boden ist schon wegen Bildung von Rissen bei Trockenheit ungeeignet. Gut geeignet ist auch mergel- und kalkreicher Boden. Mehrfach hat man die Erfahrung gemacht, daß ein für die Filtration von vornherein wenig gut geeigneter Boden durch den Betrieb selbst in einiger Zeit zu besseren Leistungen gebracht wurde. Dies ist z. B. mit humusfreiem Sandboden

und mit Moorboden der Fall gewesen; bei dem Sandboden liegt die Erklärung darin, daß in demselben nach und nach aus dem zurückgehaltenen Schmutzwasser selbst Humus gebildet wird.

Ueber Bodenfiltration sind besonders in England zahlreiche Versuche angestellt, welche ergeben haben, daß, je langsamer gefiltert wird, je besser gereinigt das abfließende Drainswasser ist und umgekehrt, und daß für jede Bodenart eine gewisse, nach dem jeweiligen Zustande des Filters jedoch wechselnde Filtergeschwindigkeit besteht, welche nicht überschritten werden darf, wenn ein gewisser Reinheitseffekt erzielt werden soll. Die erlangten Zahlen bewegen sich in den Grenzen von 12,5 und 50 cbm Boden für 1 cbm Schmutzwasserreinigung in 24 Stunden. Rechnet man etwa 2 m Filtertiefe (Tiefenlage des Grundwassers oder der Drainage), so würde 1 cbm 6 bzw. 25 qm Bodenfläche erfordern. In ungefährer Uebereinstimmung damit giebt Gerson (Weyl, Handbuch der Hygiene, Bd. 2) an, daß auf 1 ha die Abwasser von 400—500 Personen „und weit darüber“ reinigungsfähig seien. Denn für 500 Personen wird auf eine tägliche Schmutzwassermenge von etwa 50 cbm zu rechnen sein, zu deren Reinigung durch Filtration nach dem höchsten der oben angegebenen Sätze nur $50 \cdot 22 = 1250$ qm Bodenfläche genügen würden. Anderweit findet man Angaben, wonach 1 ha Bodenfläche zur Aufnahme der Abwasser von 1000—5000 Personen genügen soll. Bei der großen Reihe mitsprechender Faktoren darf im gegebenen Falle ein sicheres Urteil nur auf die Ergebnisse spezieller Versuche begründet werden.

Von der rein physikalischen Auffassung des Filtrervorganges ausgehend, scheinen die ersten Filteranlagen allgemein die Einrichtung gehabt zu haben, daß die Schmutzwasser der Richtung der Schwere entgegen durch die Filtermasse geführt wurden. Das Filter war dabei sowohl an der Ober- als Unterseite vom Luftzutritt abgeschlossen. Solche Anlagen haben regelmäßig ungünstige Ergebnisse geliefert und sind später auch — abgesehen von Ausnahmefällen — zu Gunsten der andern Einrichtung, bei welcher die Bewegung des Wassers in der Richtung der Schwere stattfindet, aufgegeben worden. Man kann durch Anlage von Dämmen oder beckenförmige Gestaltung auch bei diesen die Druckhöhe, unter der das Wasser das Filter passiert, so genau regeln, als es dem jeweiligen Zustande des Filters und dem Zustande sowohl des Schmutzwassers als des Filters entspricht.

Allgemeine Vorzüge und Mängel der Abwasserreinigung durch Filtration sind etwa folgende: der Betrieb kann während des ganzen Jahres stattfinden, soweit nicht Frostwetter ein Hindernis bildet. Dieser ist aber bei der Eigenwärme der Schmutzwasser von $5-10^{\circ}$ für gewöhnlich nicht leicht zu fürchten; die Gefahr ist jedoch unmittelbar gegeben, wenn wegen notwendiger Reinigung des Filters u. s. w. der Betrieb für mehrere Tage unterbrochen werden muß. — Der Bedarf an Filterfläche ist relativ gering und die Aptierung derselben sehr einfach, daher ohne große Kosten zu bewirken. Gleichartiges gilt auch von dem Betriebe, der zudem leicht übersichtlich ist. Es geht wenig Wasser durch Verdunstung oder Versickern in die Tiefe verloren. Unter Umständen kann die Sammlung großer Drainswassermengen von Vorteil sein. Der auf der Oberfläche abgesetzte Schlamm ist als Dünger von gewissem Wert; er muß aber gesammelt und aufbewahrt werden und diese Sammlung kann gesundheitliche Gefahren und Geruchbelästigungen mit sich bringen. Die Umgebung der Filter wird durch üble Gerüche, die von der Filterfläche ausgehen, belästigt. Es ist durch mangelnde Sorgfalt im Betriebe, gestörte Vorflut, zeitweilig erhöhten Grundwasserstand u. s. w. die Möglichkeit in nahe Aussicht gerückt, daß Grundwasservereinigungen stattfinden, zumal Filter nicht „keimdicht“ sind.

§ 174. Um die Filterwirksamkeit zu erhöhen, hat man künstliche Filter aus geeigneten Materialien aufgebaut und einen systematischen Wechselbetrieb derselben eingerichtet. Solche Anlagen haben namentlich in England Verbreitung gefunden, wie es scheint öfter auch in Amerika, in Deutschland kaum. Während den Trinkwasserfiltern seit einer Reihe von Jahren eine eifrige Thätigkeit der experimentell vorgehenden Wissenschaft zugewendet und ein allseitig klarer Einblick in die Wirkungsweise und die Bedingungen des Erfolgs gewonnen ist, steht auf dem Gebiete der künstlichen Schmutzwasserfiltration im allgemeinen noch die Empirie in Geltung. Nur jenseits des Ozeans, in Amerika, hat unter dem Druck der Flußverunreinigungsfrage und wohl kraft des Umstandes, daß bei den großen klimatischen und andern Verschiedenheiten des nordamerikanischen Kontinents die Aufgabe der Schmutzwasserreinigung wechselvolle Gestaltungen erfordert, Mitte der 80er Jahre eine wissenschaftliche Thätigkeit eingesetzt, welche bereits zu bedeutsamen Ergebnissen gelangt ist. Der „Massachusetts State Board of Health“ betraute 1886 eine aus Hygienikern, Technikern und Chemikern zusammengesetzte Kommission, die mit reichen Mitteln für den Zweck ausgestattet wurde, mit der Aufgabe die Wasserreinigung allseitig zu studieren. Die Kommission hat 1888 in Lawrence eine Station eröffnet und führt seitdem vielseitige Versuche aus, deren Ergebnisse in jährlichen „Reports“ niedergelegt worden, die aber, wie es scheint, nur als „Staatschriften“ Verbreitung erhalten. Waring macht aus den Reports in seinem Buche „Modern Methods of Sewage Disposal, New York“ Mitteilungen, aus denen hier folgendes wiedergegeben wird:

Die Thatsache, daß die Ueberführung von Stickstoff aus der ursprünglichen Form des Eiweiß-Ammoniaks durch die Zwischenstufe der salpetrigen Säure in Salpetersäure stattfindet, wenn die Bedingungen für die Thätigkeit der Nitro-Bakterien günstige sind, wurde besonders deutlich an einem Filter zu Lawrence erwiesen, das aus einer 1,5 m dicken Schicht von grobem Kies gebildet war. Keines der Kiesstücke hatte weniger als 19 mm und mehr als 38 mm Durchmesser. Das Schmutzwasser wurde täglich einmal in solchen Mengen aufgeleitet, daß eine dünne bewegliche Schicht (moving film) entstand, aber ohne daß die Zwischenräume zwischen den Steinresten verschlossen worden wären. Trotzdem bei der angegebenen Korngröße das Filter vermöge seiner rein mechanischen Leistung nicht geeignet sein konnte, selbst nur die gröberen Schwebestoffe zurückzuhalten, wurden während einer mehrmonatlichen Betriebsdauer 97% des organischen Stickstoffs, wovon ein großer Teil im gelösten Zustande vorhanden war, und 99% der Bakterien aus dem Wasser entfernt.

Das in Rede befindliche Filter und ein andres, welches aus Kies in der Korngröße von Bohnen aufgebaut ward, wurden hauptsächlich dazu benutzt, um die Thatsache anschaulich zu erweisen, daß die Reinigung von Schmutzwässern durch Filtration nicht ein mechanischer Vorgang ist, sondern der durch Bakterien bewirkten Oxydation. Die weiteren folgenden Versuche wurden mit Filtern aus Sand, in der Formgröße groben Mörtelsandes bis zu staubfeinem Sand wechselnd, mit feinkörnigem Boden und Gartenerde sowie Torf angestellt.

Wenn auf das Filterbett aus grobem (open) Sand täglich eine Schmutzwasserschicht von 25 mm Dicke aufgebracht ward, so trat folgender Vorgang ein: das Wasser verschwand bald von der Oberfläche, verblieb aber in der oberen Schicht. Schwerere Schwebestoffe wurden bis zur Tiefe von etwa 220 mm hinabgeführt; die leichteren blieben an der Oberfläche des Filters. Etwa 65% der Schicht von 220 mm Dicke waren dann von Sand, etwa 70% mit Wasser und 25% mit Luft erfüllt. Der Schmutz lagerte in sehr dünnen einzelnen Schichten, Ausläufer in die nächsten Zwischenräume der Sandkörner entsendend; er war mit Luft etwa in

der doppelten Menge der Schmutzmenge innig gemischt. Ward nun am folgenden Tage eine neue Schicht Schmutzwasser aufgeleitet, so bewegte sich die aus der Schmutzwassermenge des vorhergehenden Tages entstandene 220 mm dicke Schicht um 220 mm abwärts und die obere Schicht rückte in die Stelle derselben ein; selbstverständlich fand dabei eine gewisse Mischung der beiden Schichten statt. Das Spiel setzte sich bei weiteren täglichen Aufleitungen von Schmutzwasser in derselben Weise fort; das Resultat davon war, daß das Schmutzwasser, bei 1,50 m Dicke des Filters, etwa sieben Tage lang mit dem Sand in Berührung blieb, bevor es die Sohle des Filters erreichte und austrat.

Bei Benutzung von feinem Sand wurden die Schwebestoffe stärker zurückgehalten, aber die eigentliche Reinigung vollzog sich in viel geringerem Maße. Filter aus Sand (und anderer feinkörniger Erde) können durch ihre ganze Dicke wassergesättigt bleiben und Luft bloß nahe der Oberfläche enthalten, wo für diese nur infolge der Verdunstung Raum entsteht.

Die Versuche mit Torffiltern lieferten ganz ungenügende Resultate, insofern als die durchgeflossene Wassermenge zu gering ausfiel, damit Torffiltration praktisch brauchbar sei. In einer Betriebsdauer von 22 Monaten lieferte ein 1,5 m dickes Torffilter von 81 qm Größe, berechnet auf 1 ha nur 16 cbm Reinwasser pro Tag. Hinzugefügt wird aber von Waring, daß die Leistung bei anderer Beschaffenheit des Torfes wohl günstiger sein könne, daher das mitgeteilte Resultat nicht als endgültig anzusehen sein möchte. Es wird auf die Thatsache hingewiesen, daß Torf in seiner natürlichen Lagerung eine außerordentliche Fähigkeit zur Wasserdurchleitung besitzt, welche Eigenschaft durch die Zerkleinerung und künstliche Schichtung wahrscheinlich stark vermindert werde. Damit stimmen die Ergebnisse von Versuchen, welche schon die englische River-Pollution-Commission mit Moorboden angestellt hat. Anfänglich wurden nur ungenügende Ergebnisse erzielt, die aber nach Ablauf von ein paar Monaten sich erheblich besserten und dann noch weiter zunahmen. Es scheint daher, daß natürliche Torffilter vielleicht quantitativ gute Leistungen geben — eine Erwartung, die durch Versuche leicht auf ihre Haltbarkeit zu prüfen wäre. Es ist aber zu beachten, daß die Leistung von Torf als Mittel zur Mineralisierung organischer Stoffe stark angezweifelt wird. Es scheint, daß in Torf der Umwandlungsprozeß von Faulstoffen mit der Bildung von flüchtigem Ammoniak (NH_3) beendet ist und weitere Mineralisierung zu Salpetersäure nicht stattfindet. In Deutschland angestellte Versuche mit künstlichen Torffiltern (Petri und Schwarzkopff) haben ebenfalls quantitativ und qualitativ sehr unbefriedigende Ergebnisse geliefert. Frank (Hygien. Rundschau 1896, Heft 8) sieht die Ursache davon in dem hohen Luftgehalt der lockeren Torfmasse. Nach Versuchen, die derselbe mit Torf anstellte, welcher fein verrieben und dadurch von Luft befreit war, giebt ein dünnes Filter aus solcher Torfmasse, welches auf einer Kiesschicht liegt, vielleicht befriedigende Resultate, was die Reinigung von Schwebestoffen und von gelösten Stoffen betrifft. Dagegen ist eine Wirkung auf den Keimgehalt des Schmutzwassers nicht zu erreichen, weil Ansäuerung des Torfs (S. 241) hier nutzlos sein würde.

Sehr unbefriedigende Ergebnisse lieferten zu Lawrence auch die Versuche mit feinkörnigen Bodenarten und Gartenerde. Auch hierbei erlangte man geringere Filtermengen, als bei Benützung solchen Bodens im Zustande natürlicher Lagerung gefunden ward.

Man muß demnach schließen, daß die Lagerungsweise von Erde einen ganz besonderen Einfluß auf die Filterwirkung übt.

Was zahlenmäßige Angaben über die Leistung der Filter betrifft, so teilt Waring folgendes mit: Ein Filter aus Kies von Bohnengröße hatte an je

6 Tagen in der Woche, auf 9mal täglich verteilt, im ganzen 755 cbm Schmutzwasser, berechnet auf 1 ha, aufzunehmen. Während der beiden letzten Monate einer ununterbrochenen 7monatlichen Betriebsperiode wurde das Wasser zu 98,6% von organischem Stickstoff und zu 99% von Keimen befreit. Man ging alsdann zur Aufbringung von 1175 cbm täglich pro Hektar über; das Filter wurde damit 14mal in einem Tag beschickt. Nach einer Betriebsdauer von 3 Monaten ermittelte man, daß der organische Stickstoff zu 98,5% und die Keime zu 96,6% entfernt waren. Ein bereits lange in Gebrauch gewesenes Filter aus grobem Sand lieferte täglich pro Hektar bei guter Reinigung des Wassers 3 Monate lang durchschnittlich 1087 cbm. Alsdann erhöhte man die aufgebrachte Schmutzwassermenge durch 4 Monate und erzielte durchschnittlich 1644 cbm täglicher Leistung pro Hektar. Während des 1. Monats war die Reinigung weniger vollkommen, aber im 2. und 3. Monate besser als bei der Leistung von 1087 cbm. Im 4. und 5. Monat ward die Reinigung wieder unvollkommen, ein Beweis, daß das Filter überlastet worden war. Immerhin wurde der Gesamtgehalt an Ammoniak noch auf 2,7% und die Zahl der Keime auf 0,1 bis 1,0% der in dem Schmutzwasser enthaltenen herabgesetzt. — Andre Sandfilter lieferten dauernd Wassermengen, die, je nach dem Reinheitszustande des Filters, von 557 cbm pro Hektar und Tag bis auf 84 cbm herabgingen. Der Stickstoffgehalt wurde dabei auf 0,5—1,0% und die Keimzahl auf 0,001—0,08% der in den Schmutzwassern vorhandenen Mengen herabgesetzt*).

Beim anfänglichen Gebrauch von Sandfiltern findet keine oder nur geringe Nitrifikation statt, weil die Zahl der Nitrobakterien zu gering ist; erst in einiger Zeit ergibt sich eine hinreichende Vermehrung derselben. Wird alsdann das Filter plötzlich stärker beansprucht und bleibt die stärkere Beanspruchung längere Zeit hindurch aufrecht erhalten, so ist zunächst die Reinigung ungenügend; der Zustand bessert sich aber bald in dem Maße als die Zahl der Nitrobakterien zunimmt.

Uebrigens hängt die Nitrifikation von Jahreszeit und Temperatur ab. Im Mai und Juni finden die besten Leistungen statt, nur etwas geringere im Juli und August. In Lawrence ward beobachtet, daß sich die Leistungen der Nitrobakterien den Mengen des in den Schmutzwassern enthaltenen organischen Stickstoffs anpassen: ob dieser zu verschiedenen Zeiten geringer oder größer war, so blieb die Nitrifikationsleistung immer ungefähr dieselbe.

Zu einer Zeit, wo die Nitrifikation noch nicht im Gange war — bei einem neuen Filter —, beobachtete man einen energischen Reinigungsvorgang, dahin, daß das gebundene (Eiweiß-)Ammoniak in flüchtiges Ammoniak übergeführt ward. Aber diese Reinigung ist nur eine teilweise: es bleiben gewisse, zu große Mengen von organischem Stickstoff bestehen und ebenso geschieht die Vernichtung der Keime nur unvollständig. Erst die Nitrifikation kann den verbliebenen Rest der Reinigung leisten.

Außer mit der in Rede befindlichen intermittierenden Filterweise sind in Lawrence auch Versuche mit der kontinuierlichen angestellt. Ein Filter, welches bisher intermittierend beschickt worden war und regelmäßig die vorhandene Menge von organischem Stickstoff bis auf 0,8% entfernt hatte, ward kontinuierlicher Beschickung unterworfen. Die Nitrifikation hörte alsbald auf und die Menge des im Filtrat vorhandenen organischen Stickstoffs vermehrte sich nach und nach und zwar über die in den Schmutzwassern enthaltene Menge hinaus, eine Folge der Aufnahme aus vorher im Filter aufgespeicherten Stickstoffmengen. Als man dann wieder zur intermittierenden Beschickung des

*) Vergl. über die Berechnungsweise der Stickstoffmenge übrigens eine weiterhin folgende Fußnote.

Filters übergang, vermehrte sich die Salpetersäure rasch und zwar bis auf 50% über die in dem Schmutzwasser enthaltenen Mengen hinaus. Dies Maß wurde aus den aufgespeicherten Vorräten entnommen. Nach Ablauf von 3 Monaten war aber der Vorrat erschöpft und nun lieferte das Filter wieder gut gereinigtes Wasser. Während der kontinuierlichen Beschickung ruhte die Nitrifikation, da die Nitrobakterien bei dem Mangel an Sauerstoff fast vollständig zu Grunde gegangen, von 50 000 (in 1 g) auf weniger als 100 reduziert, waren.

Feststellungen darüber, ob pathogene Keime die Filter passieren, wurden bei den mitgeteilten Versuchen nicht gemacht. Ueber die Beschaffenheit des gereinigten Wassers mit Bezug auf seine etwaige Benutzung als Trinkwasser ließen sich die Experimentatoren nichtsdestoweniger wie folgt aus: „Der Gehalt an organischem Stickstoff, den das gereinigte Wasser noch besitzt, ist geringer als derjenige, den die meisten Trinkwasser des Staates Massachusetts enthalten. Chlor und Salpetersäure ist aber in größeren Mengen darin vorhanden. Diese Stoffe weisen auf den Ursprung der Verunreinigung in dem menschlichen Haushalt hin. Wenn das Wasser jedoch von Ammoniak frei ist, so ist damit der Beweis geliefert, daß die organischen Verunreinigungen, die das Wasser enthielt, zerstört worden und an ihre Stelle mineralische Bestandteile getreten sind. Hauptsächlich bestehen dieselben aus Chlornatrium und Salpetersäure, welche in den Mengen, in denen sie in den gereinigten Wassern angetroffen werden, völlig harmlos sind.

Mit Bezug auf Belästigungen durch den von den Filtern abgezogenen Schlamm sprach sich der der Kommission angehörende Chemiker dahin aus, daß die gesammelten Stoffe den stabilsten Teil der Schmutzstoffe bildeten; sie hatten den stärksten oxydierenden Wirkungen widerstanden, ohne zerstört worden zu sein. Es sei daher ausgeschlossen, daß sie schnell oder unter belästigenden (objectionable) Vorgängen zersetzt werden könnten. Denn gerade diejenigen Teile der Schmutzstoffe, welche, gesammelt, zu belästigenden Vorgängen den Anlaß hätten geben können, seien durch die Filtration oxydiert worden. Deshalb brauche man den Abschlamm nur so aufzuspeichern, daß er gut durchlüftet werde und seien dann alle Befürchtungen ausgeschlossen.

Aus dem, was über die höchst wertvollen Lawrence Versuche mitgeteilt ist, sind die Bedingungen einer rationellen Filteranlage für Schmutzwasser und ist die Wirkungsweise der Filtration klar erkennbar. Erstere lassen sich in die Worte zusammendrängen: Sauerstoff und Zeit. Unter Sauerstoff ist atmosphärische Luft, unter Zeit, sowohl die (der Filterbeschaffenheit anzupassende) Menge des aufgeleiteten Schmutzwassers als auch intermittierender Betrieb des Filters zu verstehen. Wirkungsweisen der Filtration sind drei, wenn es sich um ein neu in Betrieb genommenes Filter handelt: a) mechanische, bestehend im Zurückhalten von Schwebestoffen, b) Verminderung der organischen Stoffe durch Ueberführung von organischen Stickstoff (gebundenes Ammoniak) in die Form von flüchtigem Ammoniak, c) Nitrifikation. Im ungefähren traten diese Wirkungen auch in der hier eingehaltenen Reihenfolge auf. Bei länger in Betrieb gewesenen Filtern ist es wesentlich die Nitrifikation, welcher die Reinigung verdankt wird.

Sinngemäß gelten die Versuchsergebnisse auch für die natürliche (Boden-) Filtration. Das Wichtigste was dabei zu beachten, ist, daß wenn die Bodenoberfläche nicht die zur Einführung ausreichender Mengen von Luft erforderliche Beschaffenheit besitzt, diese künstlich hergestellt werden muß, was oft am einfachsten wohl durch Aufbringen einer Schicht grobkörnigen Materials geschehen kann. Weiter ist Aufbringen der Schmutzwasser in kleinen Quantitäten, mit öfterer Wiederholung, notwendig und daneben in gewissen Zeitabständen Abschlamm des Filters mit kürzeren oder längeren Ruhepausen. Selbstverständlich muß die ab-

solute Menge der Schmutzwasser, welche aufgebracht wird, der wechselnden spezifischen Leistungsfähigkeit des Filtermaterials angepaßt sein. Last not least ist sorgfältige genaue Beobachtung, und fast peinliche Sorgfalt bei allen Betriebseinrichtungen eine Sache, von der die Leistung der Filtration in sehr hohem Grade abhängt.

§ 175. Außer aus Boden hat man mehrfach Filter aus andren Materialien, in der Absicht erhöhte Leistungen zu erzielen, aufgebaut, daneben auch besondere Einrichtungen zur Belüftung des Wassers (Kaskaden u. s. w.) getroffen. Hier und da wurden dem Wasser auch Chemikalien zugesetzt und ging dem Filtern eine Klärung in Becken, oder auch ein anderes Verfahren zur möglichst vollständigen Befreiung des Schmutzwassers von Schwebestoffen voraus. Als Stoffe, welche beim Filtern benutzt worden sind, werden hier beispielsweise Schwämme, Kohlen, Eisen, zerkleinerter gebrannter Thon, Koke, Kalksteine u. s. w. genannt. Die Anlagen dieser Art, welche zuerst in England (Coventry, Uxbridge und andern Orten) entstanden, indessen allgemein von wenig Erfolg begleitet gewesen sind, bieten zur Anstellung von Betrachtungen allgemeiner Art keine genügenden Anhaltspunkte, insofern als es sich dabei nicht vermeiden läßt, mehr oder weniger weit auf Konstruktionsbesonderheiten einzugehen. Deshalb wird die Behandlung derselben zweckmäßig für den zweiten Teil des Buches vorbehalten.

Es sei hier noch der sogen. Untergrundberieselung kurz gedacht, welche darin besteht, daß man bereits von Schwebestoffen befreite Wasser unterirdisch dem Boden einverleibt, indem man es diesem durch Röhren mit durchlochter Wand oder offenen Stoßfugen zuführt. Bequem und unschädlich lassen sich auf diese Weise Dachwasser entfernen. Für Behandlung größerer Mengen von eigentlichen Schmutzwässern ist aber das Verfahren nicht geeignet.

Eine besondere Art der Filtration, die auf Beseitigung der Bakterien hinausgeht, ist von Scott-Moncrieff und von Waring versucht worden. Das Wasser wird von oben nach unten durch Filter aus groben Stücken (Kieseln u. s. w.) geleitet, die große Hohlräume haben und reichlich Luft enthalten, die man eventuell künstlich zuführen kann. Einerseits soll das Gedeihen der Nitrobakterien befördert, anderseits — durch die Größe der Hohlräume — das Fortspülen der Stoffwechselprodukte derselben mit dem Wasser begünstigt werden. In der That hat man gefunden, daß während die Oberflächen der groben Stücke mit Kolonien dicht bedeckt wurden, dieselben sich im übrigen, auch bei mehrmonatlichen Gebrauche, rein erhielten, in Uebereinstimmung mit den oben erwähnten Resultaten der Filterversuche in Lawrence. Ob das Verfahren im großen anwendbar ist, mag zweifelhaft sein; doch sind fernere Versuche damit jedenfalls empfehlenswert.

§ 176. Bei der Bodenfiltration wird der Düngerwert der Schmutzwasser verloren gegeben. Man ist dabei frei von den Beschränkungen, die bei Nutzung zu Fruchtbau vorhanden sind und reicht mit verhältnismäßig kleiner Bodenfläche aus. Stehen große Bodenflächen zur Verfügung, so kann eine gewisse Nutzung des Düngewertes erreicht werden, indem man nicht dauernd filtriert, sondern das Filtergelände abwechselnd zur Filtrierung und zum Fruchtbau benutzt. Dieser Betrieb bildet den Uebergang von der Filtration zur gewöhnlichen Rieselwirtschaft. Doch wird weiterhin nachgewiesen werden, daß letztere der Filtration mit Zwischennutzung des Filtergeländes zum Fruchtbau, je nachdem als Hilfs- oder Noteinrichtung, nicht entbehren kann. Auch bei der gewöhnlichen ackerwirtschaftlichen Nutzung des Bodens findet, wenn dieselbe gelegentlich Schmutzwasser verwendet, in unregelmäßiger Weise ein ähnlicher Betrieb statt.

Wechselbetriebe, wie die in Rede befindlichen, scheinen namentlich in England
Büsing, Städtereinigung. 1. 19

beliebt zu sein. Im Herbst, Winter und Frühjahr wird gefiltert, im Sommer das Gelände mit Frucht bestellt; selbstverständlich kann auch in anderer, sogar umgekehrter Weise verfahren werden; auch kann der Fruchtanbau mehrere Jahre hindurch ruhen.

Ob dies Verfahren empfehlenswert ist, lässt sich nicht allgemein entscheiden, da mancherlei Umstände, die teils örtlicher Natur sind, dabei mitsprechen. Aber wenn die zur Verfügung stehenden Bodenflächen nur klein sind, so ist die Einrichtung zu verwerfen, weil dann zu befürchten steht, dass der Boden bei der Filtration überlastet wird, und keine ausreichende Reinigung der Schmutzwasser stattfindet. Es entsteht dann auch leicht die Gefahr, daß in dem Betrieb Regellosigkeit Eingang findet, bei der der Zweck der Wasserreinigung in zweite Stelle rückt, mehr oder weniger nebensächlich behandelt wird. Und wenn auch auf der einen Seite der Fruchtanbau zur Reinhaltung des Bodens etwas beiträgt, so ist es doch fraglich, ob die durch denselben gebotenen Formänderungen in der Oberflächengestalt des Bodens u. s. w. dem Filtrationszwecke nicht mehr oder weniger abträglich sind. Indessen sind dies Fragen auf die es eine allgemeine Antwort nicht giebt.

Die Zweifel werden jedoch in dem Maße geringer als die zu Gebote stehende Landfläche wächst, wenngleich damit auch die Ausbreitung der Schädlichkeiten zunimmt. Denn je mehr ersteres der Fall, um so mehr tritt die Wasserreinigung durch Filtration in den Hintergrund und um so mehr Bedeutung gewinnt die durch Nutzung, d. h. die Aufzehrung der Dungstoffe der Schmutzwasser durch den Pflanzenwuchs, an Bedeutung. Wie die gewöhnliche Landbestellung vom hygienischen Standpunkt beurteilt, einwandfrei ist, so kann auch ein Wechselbetrieb zwischen Filtration und Fruchtanbau auf dem Filtergelände von demselben Standpunkte aus einwandfrei sein. Indessen, ob dies stattfindet? ist wieder eine Frage die sich ganz nach Lage der Besonderheiten des Falles entscheidet; immerhin ist die Gefahr, daß bei der Filtration zeitweilig Ueberlastung des Bodens stattfindet, vorhanden, auch wenn die Landfläche groß ist. Mit dieser Gefahr ist namentlich dann zu rechnen, wenn die Stadt, welche die Schmutzwasser liefert, und der Nutznießer davon zwei verschiedene Personen sind. Aber eine Anlage, wie hier in Rede steht, kann auch in gesundheitlichem Sinne günstiger arbeiten als eigentliche Rieselfelder, wenn diese sich mit kleinerem Gelände zu behelfen haben. Und es ist zu beachten, daß die beste landwirtschaftliche Nutzung von Abfallstoffen gleichzeitig auch den Ansprüchen der Gesundheitspflege am besten Genüge leistet.

§ 177. Die Reinigung von Schmutzwässern durch Berieselung beruht im wesentlichen ebenfalls auf der Filterwirkung des Bodens, der aber die Aufzehrung gewisser Teile der Schmutzstoffe durch die Vegetation hinzutritt; letztere erfolgt teils unmittelbar, teils nachdem die Stoffe durch Zersetzung in den aufnahmefähigen Zustand versetzt worden sind. Weiter erfolgt in bedeutendem Umfange die Aufnahme von Wasser durch die Pflanzen, welches dieselben teils zu ihrem Aufbau verwenden, teils von ihrer Oberfläche an die Atmosphäre abgeben. Und endlich verschwindet ein erheblicher Teil des Wassers durch Verdunstung unmittelbar an die Atmosphäre. Spezielle Angaben über die Größe der Wirkung beider Faktoren sind S. 60 u. S. 63 mitgeteilt. Es folgt zunächst, daß die gereinigten Wassermengen, welche versickern, bzw. aus dem Grunde eines Rieselfeldes abfließen, wesentlich geringer sind, als die zugeführten Schmutzwassermengen. Indessen kommt auf der andern Seite das in Regen- und Schneefällen erfolgende Wasser wieder hinzu.

Obleich einige sehr frühe Beispiele der Benutzung des Wassers zu Berieselungszwecken vorliegen (S. 11), so ist, verglichen mit andren Reinigungsverfahren, die Berieselung doch eine Einrichtung der neueren Zeit. Ihr Ausgangspunkt scheint

England zu sein. Dort betrieb man zunächst die Reinigung mittelst Filtration unter teilweiser Nutzung der Filter auch zum Fruchtbau. Als man vielfach nur ungünstige Ergebnisse erlangte, wandte man sich mehr und mehr der Berieselung allein zu, die in England heute so weit ausgebreitet ist, daß dort zur Zeit nahezu 50 Städte anzutreffen sind, die sich dieses Verfahrens der Schmutzwasserreinigung bedienen. Spezielle Angaben darüber (nach Roechling) in Weyl, Handbuch der Hygiene Bd. 2.

In Deutschland geht die Zahl der für die Schmutzwasserreinigung ganzer Städte zur Zeit bestehenden Anlagen nicht über 8 hinaus; doch bestehen daneben zahlreiche kleinere Anlagen für besondere Institute (Straf- und Irrenanstalten u. s. w.) und ist eine Reihe von größeren Städten in den Vorbereitungen zur Einrichtung von Rieselbetrieb mehr oder weniger weit vorgeschritten. Aus der neueren Zeit besitzt unter den deutschen Städten Danzig die erste Rieselfeldanlage, die Anfang der 70er Jahre eingerichtet ist.

Die älteren Rieselbetriebe hat man sich im allgemeinen als sogen. „wilde“ zu denken. Das Rieselland wurde nur wenig für den Zweck vorgerichtet und auch das Rieselwasser nur in unregelmäßiger Zeitfolge aufgebracht. Auch die Sorgfalt in der Abführung des gereinigten Wassers blieb wohl oft dem Zufall überlassen. Derartige Betriebe bestehen auch heute noch mehrfach, besonders in Amerika. Das Verfahren setzt voraus, daß das für Rieselzwecke zur Verfügung stehende Land in überschüssiger Größe zur Verfügung steht und ferner eine geeignete Oberflächen-gestalt — erhöhte Lage — hat. Unter solchen Umständen nähert sich der Rieselbetrieb einigermaßen dem gewöhnlichen landwirtschaftlichen Betriebe und kann auch gesundheitlichen Anforderungen genügen.

Wo Rieselland knapp, oder auch nicht von unmittelbar geeigneter Oberflächen-gestalt und Beschaffenheit des Grundes zu erlangen ist, ist es erforderlich, in die ganze Einrichtung und den Betrieb strenge Ordnung und System hineinzutragen. Dies ist das Charakteristikum der neueren Anlagen, welches wir in Deutschland in ausgeprägter Weise beim Rieselwesen von Danzig antreffen, das (von Wiebe eingerichtet) auf guten englischen Vorbildern fußt. —

§ 178. Damit die Schmutzwasserreinigung durch Rieseln günstige Erfolge ergebe, günstig sowohl mit Bezug auf den Reinigungszweck, als mit Bezug auf die Nutzung der in den Schmutzwässern enthaltenen Dungstoffe, muß eine ganze Reihe von Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sein.

Zunächst spielen die klimatischen Verhältnisse eine große Rolle. Je mehr ausgeglichen die Temperaturen, je höher die mittlere Temperatur der Örtlichkeit und je länger die Vegetationsperiode des Jahres, um so günstiger gestaltet sich sowohl in gesundheitlicher als in wirtschaftlicher Hinsicht der Erfolg einer Rieselanlage. Das ausgeglichene und warme Klima Englands, mit einer Vegetationsdauer von 8—10 Monaten, ist gegenüber Deutschland mit 6—7 Monaten Vegetationsdauer sehr begünstigt. Denn wenn auch die Schmutzwasser bei unterirdischer Zuleitung selbst in kalter Jahreszeit mit der Temperatur von 5—8° auf den Rieselfeldern ankommen, so werden sie doch bei nicht alsbaldiger Verteilung und bei ihrer weiten Ausbreitung auf dem Rieselfelde stark abgekühlt und erstarren bei niederen Temperaturen zu Eis. Ist auch unter der (lockeren) Eisdecke die Verteilung nicht ganz gehemmt, so ist sie doch erschwert, und bei längerem Bestehen einer Eisdecke verfault der Graswuchs von Wiesen unter derselben oder friert aus. Dasselbe findet noch viel leichter statt mit Halmfrüchten. In diesen Ursachen und in dem besonders hohen Wasserverbrauch der amerikanischen Städte ist es begründet, daß in Nordamerika mit seinen niedrigen Wintertemperaturen, trotz der großen Land-

flächen, die dafür zur Verfügung stehen, die Schmutzwasserreinigung durch Berieselung andern Reinigungsverfahren nachgesetzt wird. Es ist ferner darin begründet, daß Städte nahe der Seeküste — wie z. B. Danzig — besser mit der Berieselung fahren als binnenländische Städte mit weniger ausgeglichenem Klima. Im Staate Massachusetts beträgt z. B. die mittlere Temperatur der 4 Monate Dezember-März -4° , in Danzig noch nicht -1° . Dazu sind die Frostperioden dort viel länger als hier.

Bei den großen Schmutzwassermengen, welche untergebracht werden müssen, ist auch die jährliche Regenhöhe und deren zeitliche Verteilung von Wichtigkeit für den Rieselbetrieb. Gleichmäßige Verteilung — viele Landregen — sind günstig im Vergleich zu wenigen aber heftigen Regenfällen — Gewitterregen —, da bei zu reichlicher Wasserzuführung die Vegetation durch Faulen stark leidet, vielleicht auch die Nitrobakterien weniger günstig als sonst arbeiten. — Im allgemeinen findet auf Rieselfeldern in den vegetationsfreien Monaten die Schmutzwasserreinigung nur durch Filtration statt.

In zweiter Linie wird Rieselwirtschaft von den Verhältnissen, die für den Absatz der erzeugten landwirtschaftlichen Produkte bestehen, berührt. Je größer der Markt für bestimmte Fruchtarten, um so mehr eignen diese sich zum Massenanbau auf den Rieselfeldern. Danach ist Anbau von Halmfrüchten (Cerealien) allgemein im Vorzuge vor dem Anbau von sogen. Hackfrüchten und Gras. Letztere sind jedoch viel stärker konsumtionsfähig für Schmutzwasser, und stehen auch für längere Zeit im Jahre als jene dem Rieselbetriebe offen. Daraus ergibt sich ein gewisser Zwang zum Anbau selbst von Fruchtgattungen, für welche ungünstige Absatzverhältnisse bestehen, die deshalb nur weniger gut verwertbar sind. Trotzdem in England die Absatzbedingungen für Hackfrüchte und Grasbau wenig günstig sind — wegen der geringen Dauer des Winters, die es unnötig macht große Vorräte für Viehfütterung aufzuspeichern —, werden die englischen Rieselfelder doch vorzugsweise mit Hackfrüchten und Gras bestellt. Im allgemeinen wird die Nähe einer großen Stadt die Ungunst der hier berührten Verhältnisse einigermaßen mildern.

Um nicht Erhöhungen des Grundwasserstandes zu bewirken, muß Rieselland einen guten unterirdischen Abfluß, daher erhöhte Lage gegen die Umgebung haben. Thalkessel sind zu Rieselfeldern ungeeignet. Es können aber auch Städte, die in Thalkesseln liegen, gehindert sein, Rieselfelder außerhalb der Thalkessel zu benutzen, weil vielleicht der Transport der Schmutzwasser über die umgebenden Höhenzüge unverhältnismäßige Kosten erfordern würde. — Wo die natürliche Vorflut für das Sickerwasser nicht ausreicht, muß durch Bodendrainierung Abhilfe geschaffen werden. Letztere wird in der Regel aber auch aus zwei andern Gründen notwendig sein: a) um Zumischung des Sickerwassers zum Grundwasser zu verhindern und b) um den Durchgang atmosphärischer Luft im Interesse des Nitrifikationsvorganges zu befördern. Bei gut ausgeführter Drainierung kann — da das Regenwasser dem Grundwasser vorenthalten bleibt — der Grundwasserspiegel auf Rieselfeldern sich senken, und das Sickerwasser seinen eigenen — höher als jener liegenden — Grundwasserspiegel haben. Die Bestimmung der richtigen Höhenlage und des Gefälles der Drains ist von großer Wichtigkeit, weil bei zu flachen Lagen ungenügende Reinigung der Schmutzwasser, bei zu tiefer Lage Versumpfung der Felder erfolgt. In den Drains wird oft die Ansiedelung besonderer Algenarten in großen Mengen bemerkt: ein Zeichen von mangelhafter Entfernung der Fäulnisstoffe aus den abfließenden Wassern.

In Gegenden mit Bergbaubetrieb kann die Einrichtung von Rieselfeldern unthunlich sein, weil vielleicht Wassereinbrüche von oben dadurch hervorgerufen werden, auch die sichere Lage der Leitungen nicht gewährleistet ist.

Da Wärme den Verlauf der Umbildung der Schmutzstoffe, sowie den Pflanzen-

wuchs wesentlich fördert, sind als Bodenarten für Rieselland diejenigen mit hoher spezifischer Wärme grundsätzlich im Vorzuge vor andren Bodenarten. Danach wirken Quarzsand, Kalksand, lehmige und thonige Böden, auch Haideboden, Mergellehm und humoser Lehm Boden besser als die sogen. schweren Bodenarten. Indessen würde, wenn die genannten Bodenarten nicht ihrer Struktur nach sich am besten für Rieselzwecke eigneten, das Moment der spezifischen Wärme bei Beurteilung ihrer Eignung nur wenig ins Gewicht fallen, weil bei der dauernden Feuchtigkeit des Riesellandes die Bodenwärme mehr durch das hohe Wärmeleitungsvermögen als durch die spezifische Wärme bestimmt ist. Fetter Humusboden ist für Rieselung wenig günstig.

Im übrigen gelten für die Bodenbeschaffenheit von Rieselland etwa dieselben Ansprüche wie für die Beschaffenheit von Boden, welcher zur Reinigung von Schmutzwassern mittelst Filtration benutzt wird (S. 283 und 285 ff.). Es greifen nur gewisse Modifikationen durch die Rücksichten auf die landwirtschaftliche Nutzung Platz. Auf lehmigem Boden wird durch Schmutzwasser die Fruchtbarkeit mehr gefördert als auf Sandboden. Wiederholt mag werden, daß grobsandiger Boden im Vorzuge von feinsandigem ist, daß aber Sandboden überhaupt erst nach einigen Jahren Betriebsdauer günstige Ergebnisse liefert, wenn sich darin eine gewisse notwendige Menge von Humusstoffen infolge der Berieselung selbst gebildet hat. —

§ 179. Die Mengen der Schmutzwasser sind, auf Wochen oder Tage berechnet, während des ganzen Jahres nicht sehr verschieden, wenn auch kleine Unterschiede durch Aenderungen im Wasserverbrauch stattfinden; diese Verschiedenheiten können durch Zufluß von gewerblichen Wassern und geringe Regenfälle einigermaßen ausgeglichen werden. Größere Aenderungen können aber durch Regenfälle verursacht werden, wenn Aufnahme von Regenwasser in die städtische Kanalisation stattfindet. In der Regel wird jedoch durch Regenüberfälle und Notauslässe dafür gesorgt sein, daß nur eine gewisse geringe Menge Regenwasser den Rieselfeldern zugeführt wird. Im Gegensatz zu der Beständigkeit des Zuflusses von Schmutzwassern ist seine Gebrauchsfähigkeit auf Rieselfeldern in hohem Grade mit der Zeit wechselnd, da sie sich nach der Vegetation, auch nach Witterungszuständen, zu richten hat. Es können im Herbst nach Beendigung der Vegetationsperiode und im Frühjahr vor Beginn der Bestellung als Vorbereitung für die nächstfolgende Vegetationsperiode viel größere — die 2—3fachen — Mengen von Schmutzwassern auf das Rieselland geleitet werden, als während der Vegetationsperiode selbst. Es kann andererseits im Sommer bei länger dauernder nasser Witterung unmöglich sein, auf gewissen Teilen des Feldes überhaupt zu rieseln. Im weitem kann der Rieselbetrieb zeitweilig durch Frost unterbrochen werden.

Diese Verschiedenheiten in Zufuhr und Bedarf an Rieselwasser machen Ausgleichsrichtungen notwendig. Dieselben bestehen in der Behandlung des überschüssigen Schmutzwassers mittelst Filtration. In der Winterszeit kann man den Ausgleich dadurch beschaffen, daß man entweder auf dem nackten Lande tiefe Furchen (flache Gräben) zieht, in welchen man die Schmutzwasser versickern läßt, oder indem man größere Becken aushebt, in welche das Wasser bis zu einer bestimmten Höhe eingelassen wird. Beide Einrichtungen sind sachlich dieselben und nur in der Form verschieden. Bei der Leitung des Wassers in tiefen Furchen ist eine Unterbrechung des Betriebes viel weniger leicht zu fürchten, als bei der Leitung in dünner, breiter Fläche. Aus den Becken — welche auf den Berliner Rieselfeldern bis 9 ha Größe vorkommen, und die uneigentliche Bezeichnung Einstaubassins führen — verschwindet das bis zur Höhe von etwa 0,5 m eingelassene Wasser durch Verdunsten und Einsickern in die Seitenwände und den Boden in mehr oder

weniger langer Zeit, seine Schwebestoffe auf der Beckensohle zurücklassend. Diese wird nach Abtrocknung in landwirtschaftliche Benutzung genommen, wie die übrigen Teile des Rieselfeldes.

Es ersieht sich, daß die Becken unvollkommene Filtereinrichtungen sind, deren Leistung in Bezug auf die Reinigung des Wassers mehr oder weniger mangelhaft sein wird. Im Frühjahr, beim Abtrocknen des auf der Beckensohle abgelagerten Schlammes werden belästigende Gerüche entstehen. Schon wegen letzterer Befürchtung sind Becken für den Gebrauch in warmer Jahreszeit nicht leicht zuzulassen.

Eine andere Möglichkeit, den Unterschied zwischen Zufuhr und Gebrauch von Abwassern auf Rieselfeldern auszugleichen, besteht darin, zu Zeiten überflüssige Wassermengen an die Eigentümer benachbarter Ländereien abzulassen. Was dies Hilfsmittel zu leisten vermag, ist von örtlichen Besonderheiten abhängig.

Bei Belegenheit des Rieselfeldes nahe der Seeküste oder am Ufer eines größeren Gewässers kann man sich eines zeitweiligen Ueberschusses von Schmutzwassern vielleicht durch Einleitung in das Gewässer entledigen.

§ 180. Um nicht Auflandungen aptierter Flächen, welche bald hemmend auf den Wasserabfluß wirken können, entstehen zu lassen, auch um Schlammansammlungen in den geschlossenen unterirdischen und den offenen Leitungen zu vermeiden, endlich um von den Früchten auf dem Rieselfelde Beschmutzungen und Fäulnis fernzuhalten, müssen, bevor das Wasser „aufgelassen“ wird, die Schwebestoffe aus demselben möglichst entfernt werden; dies geschieht am besten in Absitzbecken, die bei größerem Umfang überbaut werden sollten, gewöhnlich aber als offene angelegt werden. Zuleitungsgräben dadurch vor Verschlammen zu schützen, daß man die Einfassungen derselben aus stark durchlässigen Packungen herstellt, ist ein Mittel, welches aus ersichtlichen Gründen keine allgemeine Empfehlung verdient.

§ 181. Abgesehen von bestellten Flächen, deren Vegetationszustand zeitweilig die Rieselung ausschließt (Reifezeit u. s. w.), bedarf es zur Unterbringung gegebener Mengen von Schmutzwassern einer gewissen Flächengröße, die so bemessen sein muß, daß sie die verlangte Reinigung des Wassers dauernd zu leisten vermag; Rücksichten auf landwirtschaftliche Nutzung treten bei der Flächenbemessung in zweite Linie. Gegen die Beachtung dieses Grundsatzes wird öfter verstoßen, freilich meist deshalb, weil die Erwerbung einer größeren Fläche von Rieselland höhere Kosten bedingt. Ein vermehrter Aufwand dafür fällt aber insofern nicht besonders schwer ins Gewicht, weil der Bodenwert etwas Bleibendes ist, auch noch erhalten bleibt, wenn das Land für Rieselzwecke später etwa nicht mehr benutzt wird. Hierin liegt ein für Rieselungseinrichtungen im Vergleich zu andern künstlichen Einrichtungen zur Schmutzwasserreinigung besonders günstiger Umstand, indem künstliche bauliche Anlagen, wenn spätere Aenderungen Platz greifen, in die Gefahr geraten, völlig entwertet zu werden, sogar sich in eine dauernde Last verwandeln können.

Wenn mit den Schmutzwassern nicht größere Mengen von Fabrikwassern vermischt sind und auch nicht Regenwasser in größeren Mengen zu den Rieselfeldern geführt werden, so bildet für das Erfordernis an Rieselland die Kopffzahl, von welcher die Schmutzwasser auf die Rieselfelder geschafft werden, den im allgemeinen zutreffenden Maßstab. Daß derselbe aber nur ein annähernd richtiger ist, folgt aus den großen Verschiedenheiten im Verunreinigungsstande der Schmutzwasser, welche in den verschiedenen Orten bestehen (Tab. S. 165 u. 277). Eine genauere

Bestimmung der Feldgröße muß auf den Besonderheiten der durchschnittlichen Beschaffenheit der Schmutzwasser einer Stadt fußen, wobei dann auch die etwaige Zumischung von Fabrik- und Regenwassern mit zur Berücksichtigung gelangt. Wird die Kopfzahl zur Grundlage genommen, so sind für Fabrik- und Regenwasser entsprechende Zuschläge zu machen.

Aus den bestehenden Ungleichheiten des Wasserverbrauchs in verschiedenen Städten ergibt sich, daß nicht ein einziger Satz für den Bedarf an Rieselfeld pro Kopf zutreffen kann und entsprechend werden in der Wirklichkeit auch sehr ungleich hohe Sätze angetroffen; dieselben können um das 5—10fache wechseln. Doch mag es sich bei sehr weiten Abweichungen von einem Mittelsatze zuweilen auch um Anlagen handeln, deren Leistungen ungenügende sind, die einfach toleriert werden. Aber es sprechen auch die Ungleichheiten in der Leistungsfähigkeit des Bodens und andre Faktoren, auf welche oben bereits eingegangen ist, erheblich mit.

Einen Maßstab von gewisser, vielleicht größerer Zuverlässigkeit als die Kopfzahl bildet die Jahreshöhe der Schmutzwasserschicht, welche auf ein Rieselfeld aufgebracht werden kann. Auch hierbei werden sehr große Verschiedenheiten angetroffen; doch sind betreffende Angaben nur in geringer Zahl bekannt geworden. Auf die Pariser Rieselfelder bei Gennevilliers wurden eine Zeit lang pro Jahr 40 000 bis 60 000 cbm Wasser pro Hektar gebracht, d. h. eine jährliche Schichthöhe von 4—6 m. Diese Menge erwies sich aber bald als viel zu hoch; sie brachte eine bedeutende Erhöhung des Grundwasserstandes zuwege, Brunnenverderbnis in den benachbarten Ortschaften und Auftreten von Typhusepidemien. Man hat infolge davon eine bedeutende Herabsetzung der obigen Mengen durchführen müssen.

Für die Craigtinny-Wiesen bei Edinburg stehen ähnlich große und größere Wassermengen zur Verfügung; doch handelt es sich hier teilweise um eine mehr wilde Berieselung und fließt das Wasser, wenn im Ueberfluß ankommend, oder in Zeiten, wo es dem Stande der Vegetation nach nicht gebraucht werden kann, entweder selbstthätig in ein offenes Gewässer ab, oder wird unmittelbar dahin abgeleitet.

Die Berliner Rieselfelder erhalten jährliche Wassermengen zugeführt, welche sich zwischen 12 000 und 16 000 cbm, d. h. Schichthöhen von 1,2—1,6 m bewegen.

In England bringt man allgemein größere Wassermengen als diese auf, indem man bei Sandboden 12 500—25 000 cbm pro Jahr und Hektar rechnet. Unter 45 englischen Städten, welche Rieselung benutzten, waren (in 1895):

7	mit einer Kopfzahl von	120—200	für 1 ha Rieselfeld,
8	"	"	200—300
10	"	"	300—400
7	"	"	400—600
4	"	"	600—800
3	"	"	800—1000
6	"	über	1000

Die Mehrzahl der englischen Städte hält demnach die Grenzen von etwa 200 und 450 Köpfe pro Hektar Rieselfeldfläche fest. Gleiche Zahlen werden auch in Deutschland angetroffen, z. B. in Breslau (in 1896 392 Köpfe) und ähnlich in Magdeburg. Bei kleineren Rieselfeldern mit intensiveren Kultur- und sonst günstigen Verhältnissen kann man höher gehen. Noch stärkeren Inanspruchnahmen, die hier und da angegeben worden, liegen wahrscheinlich besondere Verhältnisse zu Grunde, die nicht näher bekannt sind. So z. B. kann dabei der Umstand im Spiele sein, daß ein Teil der Stadtbewohnerschaft seine Abwasser den Rieselfeldern nicht zusendet, sondern sich derselben auf irgend eine andre Weise entledigt. Gewisse Wechsel in

den Zahlen ergeben sich auch aus der Bevölkerungszunahme der Stadt, mit der die Vergrößerung der Rieselfeldfläche nicht gleichen Schritt hält.

Uebrigens ist zu beachten, daß die angegebenen Flächen auch diejenigen Teile der Rieselfelder mit einschließen, welche in Wegen, großen Gräben oder sonst für die Rieselung nicht unmittelbar verwertbaren Flächen liegen, daß daher die für Schmutzwasser aufnahmefähigen Flächen um einen gewissen Prozentsatz kleiner sind, über den aber gewöhnlich nichts Näheres bekannt ist.

Als zu Anfang der 80er Jahre bei der nicht genügend weit vorgeschrittenen Herrichtung der Berliner Rieselfelder verschiedene Unregelmäßigkeiten und Mißstände einrissen, sah die Staatsregierung sich zur Einsetzung einer besondern Ueberwachungskommission, die aus Medizinalbeamten, Technikern und Verwaltungsbeamten gebildet ward, veranlaßt. Die Kommission erließ einige Vorschriften, worunter auch eine über die Größe der Rieselfelder. Sie forderte, daß „aptierte Rieselfeldflächen“ im Verhältnis von 1 ha auf 250 Stadtbewohner vorhanden sein sollten.

Am 1. April 1893/94 stellten sich die bezüglichlichen Verhältnisse der Rieselfelder nach dem für 1893/94 vorliegenden Verwaltungsbericht folgendermaßen:

Bestand an aptierten Flächen in den Rieselbezirken	ha	Von den zugeführten Abwassermengen entfallen				
		Kubikmeter auf 1 ha		Liter auf 1 qm und Tag		
		im Jahr	auf 1 Tag	1894/95	1893/94	1892/93
1. Osdorf	892,03	12527,18	34,32	3,31	3,43	4,00
2. Großbeeren	1316,39	15488,03	42,43	3,90	4,24	4,41
3. Falkenberg	889,32	13846,16	37,93	3,18	3,79	4,17
4. Malchow	1015,57	12767,10	34,97	3,71	3,49	3,54
5. Blankenfelde	559,57	12010,00	32,90	3,91	3,29	2,50
=	4672,88	13602,63	37,627	3,59	3,37	3,84
Dagegen 1894/95 =	5061,00	13103,00	35,900	—	—	—

Nimmt man den an die Kanalisationsanlage angeschlossenen Teil der Stadtbevölkerung für das Jahr 1893/94 zu 1 600 000 an, so entfiel 1 ha aptiertes Rieselland auf $\frac{1\ 600\ 000}{4672,88} = 343$ Köpfe. Wenn man aber den ganzen, zu Rieselzwecken erworbenen Landkomplex, einschließlich Wege, von Gebäuden, Gärten, Hofstellen, Teichen, Wald u. s. w. bedeckten Landbesitz in Rechnung stellt und entsprechend auch die ganze Bevölkerung der Stadt, nebst Bevölkerungsteilen von Nachbarorten, die an die Berliner Kanalisation angeschlossen sind, so ergibt sich 1 ha Land auf $\frac{1\ 700\ 000}{8453,61} = \text{rund } 200$ Köpfe und im Jahre 1894/95 $\frac{1\ 750\ 000}{9259,46} = \text{rund } 189$ Köpfe.

Das Rieselland war, verglichen mit dem für Schmutzwasser aufnahmefähigen Teil desselben 1893/94 in dem Verhältnis $= \frac{8453,61}{4672,88} = \frac{1,81}{1,00}$, und 1894/95 in dem Verhältnis $= \frac{9259,46}{4990,41} = \frac{1,86}{1,00}$ größer, recht ungünstige Verhältnisse, die ihre Erklärung teils in der nicht geschlossenen Form der Rieselländereien, teils in deren Oberflächengestalt und Kulturzustand, teils in der absoluten Größe der Ländereien finden. Bei kleinen Anlagen wird sich das Verhältnis der Gesamtfläche zur unmittelbar nutzbaren Fläche regelmäßig viel günstiger herausstellen. In-

dessen wird man, wenn das Rieselfeld ein paar hundert Hektaren Ausdehnung erreicht, wohl immer auf ein Verhältnis der Gesamtfläche zur nutzbaren Fläche engeren Sinnes von $\frac{1,1-1,3}{1}$ zu rechnen haben.

§ 182. Aus den Berliner Verwaltungsberichten lassen sich auch nähere Angaben über die Verteilung der Schmutzwassermengen auf die einzelnen Monate des Jahres entnehmen. Für das Jahr 1. April 1893/94 war die Verteilung in Prozenten folgende:

Rieselbezirke	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1. Osdorf	7,36	7,47	7,75	8,01	7,40	7,87	8,51	9,34	9,00	8,72	9,40	9,17
2. Großbeeren	7,58	7,33	7,84	8,42	7,18	7,86	8,47	9,26	8,86	8,67	9,40	9,13
3. Falkenberg	7,50	7,40	7,70	8,05	6,80	8,15	8,85	9,75	9,30	8,70	9,10	8,70
4. Malchow	7,35	7,52	8,28	8,75	7,76	8,72	8,55	9,02	9,12	8,49	9,05	7,39
5. Blankenfelde	8,24	7,87	9,20	9,23	5,67	6,87	7,92	9,88	8,29	10,00	9,30	7,53
=	7,61	7,52	8,15	8,49	6,96	7,89	8,46	9,45	8,91	8,92	9,25	8,39
	23,28			23,34			26,82			26,56		
Dagegen 1894/95 —	7,85	7,81	6,69	8,51	7,97	8,58	9,00	9,14	9,65	8,44	7,97	8,58
	22,35			25,06			27,79			24,80		

Die Verteilung der Wassermengen auf die Jahreszeiten und einzelnen Monate, sowie der Verbrauch sind gleichmäßiger als erwartet werden möchte: in den Wintermonaten am geringsten, in den Sommermonaten am höchsten. In diesem Verhältnis macht sich einerseits der Einfluß vermehrter Regenfälle (die Sommermonate haben in der Umgegend von Berlin den meisten, die Wintermonate den geringsten Regenfälle), andererseits die Aufzehrung von viel Wasser durch die Vegetation und die Verdunstung geltend. Im Winter gehen große Wassermengen in die „Einstaubassins“, so daß die auf das „Land“ gebrachte Wassermenge wesentlich geringer als 23,28 %, bzw. 22,35 %, ist. In den übrigen Jahreszeiten dient das Wasser ausschließlich der Berieselung; in den Herbstmonaten handelt es sich vorwiegend um Reinigung durch Filtration.

Im gesundheitlichen Interesse wird es immer liegen, die Abwasser möglichst frisch und in möglichst gleichmäßiger Verteilung was die Zeit betrifft, auf die Felder zu bringen. Regenfälle üben in dieser Hinsicht keinen Einfluß, weil sie Verdünnung der Schmutzwasser bewirken. Einen Einfluß übt dagegen die Jahreszeit insofern, als bei höheren Temperaturen die chemischen Umbildungen und die Tätigkeit der Mikroben gesteigert sind. Um diese Einflüsse näher erkennen zu können, werden auf Rieselfeldern zweckmäßig dauernde Beobachtungen über Lufttemperaturen und Bodenwärme ausgeführt. In der wärmeren Jahreszeit können größere Wassermengen bewältigt werden als in den kälteren. Dabei können indessen Kollisionen mit dem, was der Pflanzenbestand der Felder erlaubt oder verträgt, eintreten und man erkennt daraus, daß der Rieselbetrieb eine weit ins einzelne gehende planmäßige, vielerlei Faktoren in Betracht ziehende Ausführung erfordert, wenn seine Zwecke in möglichster Vollkommenheit erreichbar sein sollen. Werden die Schmutzwasser häufig wiederholt — in dünner Schicht —

aufgebracht, so kommt auch, bei dem großen Vermögen des Bodens, Gerüche zu binden, die Belästigung durch solche in Wegfall, wogegen dieselbe auftritt, wenn seltener aber in dickerer Schicht gerieselt wird. Hauptquellen der Gerüche sind allerdings stehende Tümpel, Lachen, unreine Gräben und kleine Bassins, die man zur Verteilung des Wassers auf den Feldern nicht entbehren kann. Wochenlange Unterbrechungen in der Aufbringung des Wassers, und alsdann massenhaftes Aufbringen sollten vermieden werden, und Unterbrechungen sich nur auf eine längere Stundenzahl oder einige Tage beschränken. Indessen läßt sich hierbei nicht generalisieren, da die Art der angebauten Früchte — bei welchen mancherlei Beschränkungen bestehen —, der Vegetationszustand, die Bodenbeschaffenheit und manches andre dabei mitsprechen.

Die Berliner Rieselfelder wurden — in ihrer ganzen Ausdehnung genommen — in den Jahren 1893/94 und 1894/95 je 11—14mal berieselt, also im Durchschnitt monatlich 1 mal. Es entfällt dabei eine durchschnittliche Höhe der Wasserschicht von 10—13 cm. Selbstverständlich wechselt die Zahl der jährlichen Berieselungen einzelner Teile der Felder, die sich besonders nach den angebauten Fruchtarten zu richten hat, in weiten Grenzen; diese waren in den genannten Jahren bezw. 12 und 62; die Durchschnittszahl ist 30; die am häufigsten wiederkehrende Zahl bewegt sich zwischen 22 und 30, mag also zu 25 angenommen werden. Es entfällt danach eine Berieselung eines gewissen Teils jedes Feldes auf einen Zeitraum von je 12—14 Tagen = 2 Wochen.

§ 183. Der wirtschaftliche Ertrag der Rieselfelder sowohl als der Reinigungseffekt der Schmutzwasser hängen von zahlreichen kleinen Einzelheiten, die bereits berührt worden sind, als auch von den großen Zügen der Organisation eines Rieselbetriebes ab. Handelt es sich um Anlagen für einzelne Institute (Gefängnisse u. s. w.), oder solche für kleine Orte, mit wenigen Tausenden von Bewohnern, so findet eine intensivere Nutzung der Schmutzstoffe statt; derartige Anlagen werden am besten an einen oder mehrere kleine Unternehmer zu verpachten sein und liefern dann Erträge, wodurch die Kosten ihre Deckung finden. Letzteres kann auch noch der Fall sein, wo geeignetes Rieselland zu billigen Preisen und in mehr als ausreichender Größe in nicht weiter Entfernung zur Verfügung steht, oder wenn sich größere Güter in der Nähe finden, welche die Schmutzwasser übernehmen, sei es daß sie dafür einen gewissen Preis gewähren, sei es daß unentgeltliche Ueberlassung stattfindet. Derartige Beispiele giebt es sowohl in England als in Deutschland, doch nur vereinzelt. Zu nennen sind die Städte Dudley in England, Danzig und Breslau. Die Stadt Berlin hat einen großen Teil — etwa $\frac{1}{8}$, was mehr als 1000 ha ausmacht, — von ihrem Rieselfeldbesitz ebenfalls an Pächter abgegeben. Breslau bezieht von seinen Rieselfeldern Pächterträge, welche so hoch sind, daß zu der Verzinsung und Tilgung der Erwerbs- und Ausrüstungskosten der Felder, sowie zu den Unterhaltungskosten des Druckrohrs, zum Betriebe des Pumpwerks für die Entwässerung der Felder, zur allgemeinen Beaufsichtigung derselben u. s. w. zur Zeit nur ein Zuschuß von 0,22 Mark pro Kopf der Stadtbevölkerung geleistet zu werden braucht. Ein Zuschuß in gleicher Höhe ist notwendig für den Betrieb des Pumpwerks, durch welches die Schmutzwasser zu den Rieselfeldern gefördert werden. Danach entfällt für Breslau auf den Kopf der Bewohnerschaft zur Zeit eine Jahresausgabe von nur 0,44 Mark für Beseitigung und Reinigung der Schmutzwasser (Gesundh.-Ingenieur 1896). Viel ungünstiger liegt die Sache in Berlin, wo Rieselland teuer erworben werden mußte, hohe Ausrüstungskosten entstanden, und geeignetes Land auch erst in weiter Entfernung von der Stadt zu haben war, so daß die Kosten für die Leitung dahin erheblich ins Gewicht fielen. In solchen Fällen wird überhaupt der Ertrag der Felder nicht leicht ausreichen, um nach Erstattung der Betriebskosten noch eine angemessene Verzinsung des angewendeten Kapitals

zu erzielen. Der dazu aus dem Stadtsäckel zu leistende Zuschuß stellt alsdann denjenigen Betrag dar, welchen die Stadt für den Reinigungszweck ihrer Schmutzwasser zu opfern hat. Dieser Betrag fällt notwendig höher aus, wenn die Stadt den Betrieb der Rieselfelder in eigener Regie führt, nicht nur weil dazu ein relativ großer Verwaltungsapparat notwendig ist, sondern weil von dem Beamtenpersonal auch eine so sorgsame Wahrnehmung der Geschäfte, als von dem am Ertrage der Arbeit in unmittelbarer Weise interessierten Eigentümer allgemein nicht erwartet werden darf und kann. Aber wenigstens für den Anfangszustand des Betriebes, für eine kleine Anzahl von Jahren wird eine Stadt in der Regel die eigene Regie behalten müssen, um alle Bedürfnisse, die sich in der Stadt hinsichtlich der Fortführung der Schmutzwasser geltend machen, genau kennen zu lernen, um auch über die Leistungen der Felder in gesundheitlicher und wirtschaftlicher Hinsicht, die Absatzfähigkeit der Erzeugnisse des Rieselbetriebes sich zu vergewissern, um auch über die durch die Errichtung des Rieselfeldes zahlreich berührter Interessen dritter Personen (Eigentümer in der Nähe, Aenderungen des Grundwasserstandes und des Zustandes offener Gewässer in der Nähe u. s. w.) vollständig ins klare zu kommen.

Daß die Aufrechterhaltung dieses ersten Zustandes kostspielig sein muß, liegt auf der Hand. Ob eine Aenderung in der Richtung möglich ist, daß später durch Verpachtung des Rieselfeldes an einzelne oder mehrere Unternehmer bessere wirtschaftliche Ergebnisse erzielt werden, ist durchaus von Besonderheiten des Falles abhängig, so daß Allgemeines darüber nicht gesagt werden kann. Immer aber werden die Pächter gewissen Verpflichtungen und Beschränkungen, was die Uebernahme und Benutzung der Schmutzwasser betrifft, zu unterwerfen sein und für solchen Zwang Schadloshaltung in niedrigen Pachtpreisen suchen müssen.

Die Kosten der eigenen Regie sind wesentlich abhängig von der Größe des Rieselbetriebes; im allgemeinen werden dieselben abnehmen, wenn der Betrieb wächst und umgekehrt. Daraus erklärt es sich, daß wenn große Städte beim Rieselbetriebe wirtschaftlich noch einigermaßen günstig fahren, kleine Städte durch denselben so sehr belastet werden können, daß die Durchführung derselben erhebliche Kosten verursacht und andere Reinigungsverfahren der Schmutzwasser hier vorteilhafter sind.

Die thatsächliche Sachlage ist nach dem Vorstehenden im allgemeinen die, daß für kleinste und kleine Städte Rieselbetrieb nach allen Richtungen hin als das günstigste Schmutzwasserreinigungsmittel erscheinen kann, für Mittelstädte die Einrichtung finanziell leicht ungünstig und vergleichsweise unvorteilhaft wird, für große Städte dagegen wieder befriedigende Ergebnisse liefert und hier unter Umständen auch das einzig anwendbare Reinigungsmittel ist, da für die großen Mengen der Schmutzwasser, welche hier zu bewältigen sind, die sogen. künstlichen Reinigungsmittel versagen, oder aus dem einen oder anderen Grunde außer Betracht bleiben müssen.

Abgesehen von den hier ausgesprochenen Einschränkungen gilt die Reinigung von Schmutzwässern durch Rieselung bisher als diejenige, bei welcher gleichzeitig dem Reinigungszweck und den wirtschaftlichen Interessen in höherem Maße als bei jedem andern Reinigungsverfahren entsprochen werden kann. Die 1876er Versammlung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege sprach dies auf Grund der schon damals vorliegenden und später immer mehr bewahrheiteten Erfahrungen in folgender These aus:

„Die Berieselung geeigneter, mit Kulturpflanzen bestandener Ländereien ist — eine rationelle Anwendung technisch richtiger Prinzipien vorausgesetzt — erfahrungsgemäß das einfachste und durchschlagendste Mittel

das Kanalwasser sanitär unschädlich zu machen, und es gleichzeitig zu Gunsten der Interessenten landwirtschaftlich in befriedigendem Maße auszunutzen.“

Im letzten Teil der These ist vorsichtig zum Ausdruck gebracht, daß nicht volle Ausnutzung wirtschaftlich erwartet werden kann. In der That ist dies gewöhnlich ausgeschlossen und kann auch nicht anders sein, weil der Reinigungszweck und die volle wirtschaftliche Nutzung vielfach miteinander in Widerspruch geraten und alsdann die wirtschaftlichen Interessen in zweite Linie gerückt werden müssen. Uebrigens sind die oft gehörten Uebertreibungen des Wertes der in den Schmutzwässern enthaltenen Dungstoffe bereits an andern Stellen des Buches auf ihr richtiges Maß zurückgeführt worden (S. 21 u. 234 ff.). Ergänzend mag hier noch das eine Moment hinzugefügt werden, daß der Wert jener Dungstoffe zu sehr von Ort und Zeit abhängt. Massenhaftigkeit desselben an enger Stelle und dazu in unhandlicher Form — was hier vorliegt — wird den Preis drücken, und Vorrat zu einer Zeit, wo die Stoffe nicht alsbald verwertbar sind, ebenfalls. Auch dies trifft zu, weil die Schmutzwasser unmittelbar nach der Entstehung fortgeführt und verarbeitet werden müssen, jede Verzögerung darin unstatthaft ist.

Deshalb ist auch der öfter erhobene Vorwurf, daß durch Rieselung keine vollständige Ausnutzung der in den Schmutzwässern enthaltenen Dungstoffe stattfindet, indem ein Teil des organischen Stickstoffs als flüchtiges Ammoniak in die Atmosphäre, ein anderer Teil als Salpetersäure mit dem Grund- oder Drainswasser fortgespült werde, nur wenig Gewicht beizulegen, und um so weniger als die Erzeugung von Salpetersäure durchaus mit den Absichten der Gesundheitspflege — was die Reinigung von Abfallstoffen betrifft — harmoniert.

In dieselbe Kategorie kann man auch wohl den Vorwurf rechnen, daß der Boden der Rieselfelder mit Stickstoff übersättigt werde. Wie es in dieser Hinsicht steht, lehrt folgende Rechnung: Auf eine gewöhnliche Landdüngung werden pro Hektar 150 kg Stickstoff gerechnet. Bei der Intensivkultur, die auf Rieselfeldern getrieben wird — Gras liefert 5—6 Schnitte, gegen 2 auf gewöhnlichen Wiesen, und in ähnlichem, wenn auch nicht so weitgehendem Verhältnis findet Erhöhung der Ernteerträge bei den angebauten Früchten statt —, hat man die Stickstoffmenge, die für die gewöhnliche Ackerdüngung passend ist, zu vermehren, d. h. auf etwa das 2—2,5fache. Dies macht 300—375 kg Stickstoff, wofür 333 kg als Durchschnitt angenommen werden mögen.

Nun werden pro Kopf und Jahr Stickstoffmengen erzeugt von 4,12 kg (S. 161), danach von 300 Personen, welche auf 1 ha Rieselfeld zu rechnen, 1232 kg. Geht man von einem bestimmten Stickstoffgehalt in den Abwassermengen aus, z. B. von dem hohen Satze von 100 g in 1 cbm (S. 165), und rechnet man auf 1 ha 12500—16000 cbm Abwasser, so empfängt 1 ha Rieselfeld damit 1250—1600 kg Stickstoff. Rechnet man (für Berlin etwa gültig) pro Kopf und Jahr 36,5 cbm Schmutzwasser und 340 Köpfe pro Hektar Rieselfeld, so erhält man als Stickstoffmenge $340 \cdot 36,5 \cdot 0,100 = 1241$ kg. Man wird mithin in der Stickstoffmenge von etwa 1300 kg, welche 1 ha Rieselfeld jährlich empfängt, einen guten Mittelsatz gegriffen haben. Dieser ist das $\frac{1300}{333}$ oder das Vierfache dessen, was die

Vegetation auf Rieselfeldern bedarf, wenn aber die Verflüchtigung von Ammoniakstickstoff berücksichtigt wird, sowie ferner, daß gewisse Mengen der menschlichen Absonderungen sich der Sammlung entziehen (S. 234 ff.), entsprechend weniger. Thatsächlich bewegt sich deshalb die Auswertung der Dungstoffe der Schmutzwasser auf großen Rieselfeldern nur um etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ der unter günstigen Verhältnissen erreichbaren, und etwa $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ werden verloren gegeben, sei es daß sie

in den Formen von flüchtigem Ammoniak oder von Salpetersäure u. s. w. den Feldern entführt werden.

Zur Verbesserung stehen zwei Wege offen: a) Vergrößerung der Rieselfeldfläche bis auf etwa das Vierfache (allgemein n -fache) oder b) viermaliges (allgemein n -maliges) Aufleiten desselben Wassers auf Felder.

Der Weg zu a) würde zu einer für große Städte wohl kaum beschaffbaren Größe der Rieselfelder führen; es müßten für je 60—90 Köpfe 1 ha Rieselland zur Verfügung stehen, mit Berücksichtigung der Verluste vielleicht für 80—120 Köpfe. Der Weg zu b) verspricht, auch wenn er praktisch gangbar wäre, keinen sicheren Erfolg: es würde bei dem langen Verweilen des Wassers an der Oberfläche durch die Oxydation ein großer Teil der Dungstoffe mineralisiert werden und für die Vegetation verloren gehen.

§ 184. Von größerem Belang als die vom wirtschaftlichen Standpunkt erhobenen Einwände sind diejenigen, welche vom gesundheitlichen zuweilen geltend gemacht werden, darunter besonders der, daß Rieselfelder nicht keimdicht sind. In der That werden im Drainswasser oft nicht unbedeutende Mengen von Keimen gezählt, eine Thatsache, die von vornherein erwartet werden muß, da auch künstliche Filter nicht keimdicht sind. Zu beantworten bleibt indes die Frage, ob es sich um Keime handelt, die mit den Schmutzwässern herzugeführt sind, oder um neu hinzugetretene, zu deren Entstehung auf den Feldern und in den Drains die Bedingungen ja günstige sind? Hierzu folgendes:

Zu verlangen ist nur, daß nicht pathogene Keime den Weg aus den Schmutzwässern durch den Boden in die Drainswasser finden. Wie es um die Erfüllung dieser Anforderung steht, erweist die Thatsache, daß bisher noch kein Fall der Auffindung von pathogenen Keimen in Drainswässern von ordnungsmäßig betriebenen Rieselfeldern bekannt geworden ist. Der Vorschlag von Degener, die Schmutzwasser zunächst einem Desinfektionsverfahren — durch chemische Mittel — zu unterwerfen und erst danach dieselben auf Rieselfelder zu leiten, wird wohl bis dahin, daß solche Fälle in einiger Zahl vorgekommen sind, und dies stattgefunden hat, ohne daß eine schuld bare Vernachlässigung dabei im Spiele gewesen ist, zur Seite gestellt werden können.

Gesundheitliche Schädlichkeiten der Rieselfelder müßten, wenn sie beständen, sich in ausgeprägter Weise bei den Arbeitern auf den Rieselfeldern selbst, bei den dauernden Bewohnern der Felder, und der Bewohnerschaft der nächsten Umgebung geltend machen. Indem einige Rieselfeldanlagen schon seit 100 Jahren und darüber bestehen und Dutzende derselben 20, 30 und mehr Jahre, liegt bereits ein genügend großes Erfahrungsmaterial vor, um auf Grund desselben die Bedeutung der vom theoretischen Standpunkt erhobenen Bedenken prüfen zu können.

Die ersten Untersuchungen dieser Art scheinen in England angestellt zu sein; dieselben beziehen sich auf die Rieselfelder von Edinburg. Von ihnen wird in dem (in den 70er Jahren erschienenen) First Report der englischen Flußverunreinigungs-kommission bezeugt, daß sie niemals der Sitz von Typhus, Cholera oder Ruhr, weder zur Zeit von Epidemien, noch zu andern Zeiten gewesen seien. Dasselbe, und noch günstiger lautende Nachrichten werden von Adelt*) über die Bunzlauer Rieselfelder gemeldet. Bei Beobachtungen an andern englischen Orten mit Rieselfeldern hat sich nichts über einen Einfluß derselben auf die Typhushäufigkeit ermitteln lassen. Genauere Beobachtungen über den Einfluß der Rieselfelder von Gennevilliers führten

*) Adelt, Die Gesundheitsverhältnisse der Stadt Bunzlau, in der Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen. Neue Folge, XLV.

zu dem Resultat, daß während dreier Jahre der Gesundheitszustand auf den Feldern weder bemerkenswert besser noch schlechter als derjenige in den umliegenden Gegenden gewesen sei, daß Infektionskrankheiten dort nicht häufiger als anderswo auftreten, und überhaupt die Rieselung auf die öffentliche Gesundheit keinen schädigenden Einfluß äußerte*). Dieselben Mitteilungen liegen aus den Vereinigten Staaten von Amerika vor, wo Rieselbetriebe ebenfalls in einiger Menge, und, wie es scheint, nicht immer in gerade musterhafter Weise geführt werden.

In den Orten Heubude und Weichselmünde ist nach den vorliegenden Sterblichkeitsstatistiken die allgemeine Sterblichkeit seit der Zeit, daß die in der unmittelbaren Nähe liegenden Danziger Rieselfelder im Betriebe sind (Anfang der 70er Jahre), die allgemeine Sterblichkeitsziffer gegen früher um ein Geringes zurückgegangen, wohl infolge der besseren Lebenshaltung, welche bei den armen Bewohnern der beiden Orte wegen der lohnenden Beschäftigung auf den Rieselfeldern eingetreten ist. Einige Cholerafälle, die im Jahre 1873 zu Weichselmünde vorkamen, sind aber sicher auf den Genuß von Drainswasser der Rieselfelder zurückgeführt, welches mit Abgängen Kranker verunreinigt war; diese Fälle können daher wohl ausgeschieden werden. Auf den erst von 1892 an in Betrieb gekommenen Rieselfeldern von Freiburg i. B. kamen in den Jahren 1892 und 1893 13 Typhusfälle vor, von denen einige wenige mit Wahrscheinlichkeit auf den Genuß von Grundwasser, das die Rieselfelder lieferten, zurückgeführt wurden. Die Mehrzahl wird aber Ansteckungen in den Wohnorten der Betroffenen zur Last gelegt, wo Typhus vielfach vorkommt, und von wo aus Verschleppung nach den Rieselfeldern hin vermutet wird. Hinsichtlich der Rieselfelder bei den Kadettenanstalten zu Groß-Lichterfelde und Wahlstadt, sowie bei dem Strafgefängnis zu Plötzensee sind bisher keinerlei gesundheitsschädigende Einflüsse bemerkt worden.

Die umfassendsten und genauesten Untersuchungen liegen bisher über die zur Zeit mehr als 9000 ha großen Rieselfelder Berlins vor, wovon etwa 5000 ha in regelmäßigem Betriebe stehen (S. 296). Die Untersuchungen begannen Anfang der 80er Jahre durch Falk und lieferten von vornherein keinerlei Anhaltspunkte für besondere ungünstige Einflüsse, weder was die allgemeine Sterblichkeit noch was die Sterblichkeits- oder Krankheitsziffern für Infektionskrankheiten betrifft.

Einen guten Ueberblick giebt die Tabelle auf S. 303. Das Beobachtungsmaterial, welches dieser Tabelle zu Grunde liegt, ist schon ein recht umfassendes und können daher die Ergebnisse einen höheren Grad von Zuverlässigkeit in Anspruch nehmen. Die Ergebnisse sind aber in jedem Sinne günstige. Denn die Sterblichkeit ist sowohl bei den Erwachsenen als bei den Kindern unter 15 Jahren wesentlich geringer als in Berlin (vergl. auch die betreffenden Zahlen S. 31), mit Ausnahme des einzigen Jahres 1887/88, wo der umgekehrte Fall vorliegt.

Ebenso günstig erscheint der Zustand, wenn auf die Krankheitsgattungen eingegangen wird, welche auf den Berliner Rieselfeldern bisher beobachtet sind. In dem zehnjährigen Zeitraum 1884—1894 sind im ganzen 15 Typhusfälle, darunter nur einer mit tödlichem Ausgang, dort beobachtet. Anfang 1888/89 hatte ein Teil von Berlin eine heftige Typhusepidemie durchzumachen; aber auf den Rieselfeldern kam im genannten Jahre nicht ein einziger Typhusfall vor, eine Thatsache, die gewiß bemerkenswert ist. Die überwiegende Zahl der infektiösen Krankheiten auf den Rieselfeldern entfällt auf Brechdurchfälle, Durchfälle, Cholera

*) Target, On the Main-Drainage of Paris. Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Eng. Vol. 55. 1877/78.

	1884/85	1885/86	1886/87	1887/88	1888/89	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93	1893/94	1894/95	Gesamt- Durchsch.
Gesamtzahl der Rieselfeldbewohner	1507	1410	1835	1907	2012	1921	1935	2257	2446	3818	3025	2188
Gesamtzahl der Sterbefälle	23	20	20	25	13	17	13	26	27	21	29	21
Gesamtzahl der Erkrankungen	412	451	571	584	518	590	427	464	439	573	644	516
Sterbefälle pro 1000	15,26	14,18	10,90	13,11	6,46	8,85	6,76	11,08	6,95	7,62	9,58	9,60
Erkrankungen pro 1000	273	320	311	306	258	307	221	206	179	208	213	236
Von der Gesamtzahl der Rieselfeldbewohner waren Kinder unter 15 Jahren	422	411	419	412	449	448	454	562	577	661	669	498
Darunter:												
Sterbefälle	15	12	14	20	10	7	7	18	10	17	17	13
Erkrankungen	170	174	278	216	211	193	164	185	193	304	316	218
Sterbefälle pro 1000	35,55	29,19	33,41	48,54	22,27	15,63	15,42	32,03	17,33	25,72	25,41	26,10
Krankheitsf. pro 1000	403	423	663	524	470	431	361	329	334	460	473	438
Sterbefälle der Altersklasse von 15 Jahren in Berlin pro 1000	52,09	50,74	47,41	40,33	42,21	44,70	41,92	39,68	41,09	—	—	44,22
Allgemeine Sterbefälle in Berlin pro 1000	25,4	25,0	23,7	21,1	20,5	22,3	21,3	20,4	20,5	—	—	22,2

nostras, akute Magen- und Darmerkrankungen; die Gesamtzahl der unter diese Krankheitsformen gehörenden Fälle ist 863; demnächst folgen Diphtherie und Scharlach, Diphtherie und Croup mit insgesamt 227 Fällen, und Masern mit 129 Fällen; die sonstigen Formen von infektiösen Krankheiten sind nur wenig vertreten.

Es mag endlich erwähnt werden, daß auf vier von den Berliner Rieselfeldern seit einer kleinen Reihe von Jahren Heimstätten für Genesende mit zusammen etwa 300 Betten bestehen, die immerwährend belegt sind. Da auch in diesen Anstalten bisher keinerlei üble Einflüsse der Rieselfelder beobachtet worden sind, kann man betreffende Befürchtungen, soweit denselben auch für ordnungsmäßig betriebene Rieselfelder Geltung beigelegt werden soll, als gegenstandslos bezeichnen, und dies, auch wenn man einen Einwurf voll würdigt, welcher dahin geht, daß die statistischen Ergebnisse über den Gesundheitszustand der Arbeiter auf Rieselfeldern nicht mit den betreffenden Städtestatistiken verglichen werden können, weil auf den Rieselfeldern junge, gesunde Arbeiter beschäftigt werden, und da, wo man Korrigenden u. s. w. beschäftigt, diese nicht dauernd auf den Feldern bleiben. Denn auf den Berliner Rieselfeldern ist ein großer Teil der Arbeiter sesshaft und sind alle Altersklassen darunter vertreten.

Die englische Horticultural-Society hat in den achtziger Jahren Untersuchungen über den Gesundheitszustand des Viehes auf gut betriebenen Rieselfeldern angestellt und auch bei dem Viehstande der untersuchten Güter nachteilige Einflüsse nicht auffinden können.

Die vorstehenden Mitteilungen liefern ein Bild von dem Gesamteinfluß der behaupteten Schädlichkeit der Rieselfelder; darunter ist sowohl der unmittelbare Einfluß durch Infektionen, als der mittelbare, der sich in mehreren Richtungen

zeigen kann, einbegriffen. Als der auffälligste darunter gilt die Verbreitung übler Gerüche auf und in der Umgebung von Rieselfeldern. Dieser Uebelstand ist in gewissem Maße vorhanden, aber nicht in dem Umfange, wie oft behauptet wird. Er nimmt seinen Ursprung nicht von Flächen, über die das Rieselwasser sich in dünner Lage fortbewegt, sondern von kleinen Becken, Tümpeln und Gräben, in denen das Wasser stagniert, besonders wenn die Behälter nahezu trocken geworden sind. Demzufolge lassen sich die Geruchbelästigungen durch Sorgfalt im Betriebe, Erhaltung ebener Beschaffenheit der Oberfläche, öftere Reinigung der Zuflußgräben, Vermeidung des langen Stehenbleibens von Wasser in Becken, häufiges Aufbringen des Rieselwassers in dünner Schicht auf einen leicht erträglichen Umfang beschränken. Und von fernhin wirkenden Belästigungen kann kaum die Rede sein, selbst nicht bei lebhaften Windströmungen, da schon auf kurzer Strecke ausreichende Verdünnung der Gerüche stattfindet.

Schädlichkeiten der Rieselfelder können außer durch die Luft noch auf zwei Wegen in die Ferne verbreitet werden: a) mit dem Grundwasser, b) mit den auf den Feldern geernteten Früchten. Die etwaige Grundwasserverunreinigung hat besonders für die eigenen Bewohner der Rieselfelder und die dort beschäftigten Arbeiter Bedeutung.

Der Zustand des Wassers von Brunnen auf Rieselfeldern ist dauernder und sorgfältiger Kontrolle zu unterwerfen. Flachbrunnen dürfen auf Rieselfeldern nicht geduldet werden; es sind nur Röhrenbrunnen von einiger Tiefe zuzulassen. Auf den Berliner Rieselfeldern wird der Frage der Trinkwasserversorgung der ständigen und vorübergehenden Bewohnerschaft der Rieselfelder laufend große Aufmerksamkeit zugewendet, und alljährlich über die Ergebnisse der betreffenden Arbeiten Bericht erstattet. Bisher sind Fälle der Verunreinigung von Brunnen guter Beschaffenheit durch Rieselwasser nicht ermittelt worden. Daß solche aber stattfinden können, sei es infolge von tief reichenden Arbeiten, sei es infolge der Thätigkeit von kleinen und großen Tieren, ist selbstverständlich; es ist also eine strenge und dauernde Kontrolle der Brunnen auf Rieselwasser ein nicht zu vernachlässigendes Erfordernis. — Zu b) kann nicht übersehen werden, daß Verschleppung von Umsetzungsgiften und infektiösen Keimen an der Oberfläche der auf den Feldern geernteten Früchte möglich ist. Es scheint daher ein dringendes Gebot der Vorsicht zu sein, ungetrocknete Früchte von Rieselfeldern nicht ungekocht zu genießen. Da aber Fälle von Verschleppungen auf diesem Wege bisher nicht bekannt geworden sind, dürfte die Gefahr wohl weniger groß sein, als zuweilen angenommen wird. Daß entsprechende Vorsichtsmaßregeln auch bei Verwendung des auf Rieselfeldern erzeugten Viehfutters notwendig sind, bedarf der besonderen Hervorhebung kaum.

Mehrfach ist die Befürchtung ausgesprochen worden, daß durch die fortwauernde Zuführung der großen Rieselwassermengen zu den Feldern auf die Dauer eine Versumpfung derselben stattfinden müsse. In den bisherigen Erfahrungen ist für diese Befürchtung kein Anhalt zu finden, soweit es sich um Rieselfelder handelt, die mit Sorgfalt angelegt sind und mit Sorgfalt betrieben werden. Erste Forderung dabei ist Vorhandensein oder Schaffung günstiger Vorflut für das durch den Boden passierende Wasser. In der Regel wird Drainierung der Felder notwendig sein; die Berliner Rieselfelder sind bis auf wenige Prozent der Gesamtfläche drainiert. Alsdann muß dauernd für gute Instandhaltung aller Abflußgräben gesorgt und schließlich eine einigermaßen gleichmäßige Verteilung des Rieselwassers auf der Fläche angestrebt, Ueberlastung einzelner Teile vermieden werden. Zur Kontrolle über die Leistung der Vorflut müssen auf den Feldern dauernde Beobachtungen über den Grundwasserstand ausgeführt werden.

§ 185. Die Schmutzwasserreinigung mittelst Rieselung ist unter den bisher bekannten Reinigungsverfahren dasjenige, welches an erster Stelle steht, sofern man beide: die gesundheitlichen und die landwirtschaftlichen Interessen in Betracht zieht. Leistet sie nicht alles, so leistet sie doch, beides zusammengekommen, mehr als die andern Verfahren. In gewissen Fällen — Großstädten — ist sie, wenn nicht Einleitung der ungereinigten Wasser in ein offenes Gewässer möglich, die einzig mögliche Art der Reinigung; für kleinere Städte und für einzelne Etablissements, in denen auf engem Raum eine größere Menschenmenge eng zusammengedrängt lebt, kann die Berieselung die zweckmäßigste Art der Reinigung sein. Bei Städten mittlerer Größe können Verhältnisse vorliegen, welche andre Reinigungsverfahren, bezw. andre Behandlungsweisen als vorteilhafter erscheinen lassen; hierzu ist S. 299 das Erforderliche mitgeteilt. Nachdem eine kleine Reihe von Jahren hindurch sowohl in England als auf dem Kontinent die Aufmerksamkeit der Städte sich mehr der Wahl eines mechanischen oder chemischen, oder chemisch-mechanischen Reinigungsverfahrens zugewendet hatte, tritt neuerdings die Rieselung mehr in den Vordergrund. Teils sind es gewisse Unzuträglichkeiten, auf die man bei jenen Verfahren gestoßen ist, teils sind es die in einer Reihe von Städten in längerer Erfahrung gewonnenen relativ günstigen Ergebnisse der Rieselung, welche die Wendung bewirkt haben; die nächste Zukunft dürfte im allgemeinen der Rieselung gehören.

In England giebt man heute der Schmutzwasserreinigung durch Rieseln den Vorzug vor andern Reinigungsverfahren, wenn etwa folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Vorhandensein ausreichend großer Landflächen.
2. Mäßige Erwerbskosten des Landes. (Der Erwerb und die Herrichtungskosten der Berliner Rieselfelder hat etwa das $2\frac{1}{2}$ —3fache des landwirtschaftlichen Wertes des Geländes erfordert!)
3. Geeignete Bodenbeschaffenheit des Landes.
3. Mäßiger Kostenaufwand für die Hinschaffung der Schmutzwasser zu den Feldern.

Diese Bedingungen kann man überall als etwa maßgebende ansehen; außer ihnen bestehen in jedem Einzelfalle solche von örtlicher Natur, auf welche hier nicht einzugehen ist.

Wenn es unthunlich ist, die landwirtschaftlichen — auf Gewinn gerichteten — Interessen mit den Anforderungen, welche die Gesundheitspflege stellt, in befriedigenden Einklang zu bringen, so verzichten die englischen Städte auf die wirtschaftliche Nutzung der Abwasser leicht und überweisen dieselben, wenn es sonst zulässig ist, einem offenen Gewässer. Die Schwierigkeiten, welche dabei entstehen, scheinen in England allerdings minder groß zu sein als in Deutschland; denn die Flüsse Englands werden im allgemeinen weniger „geschont“ als es bei uns in der Gegenwart der Fall ist.

§ 186. Ueber den Reinigungseffekt der Schmutzwasser, welcher auf Rieselfeldern erzielt wird, hat man sich durch laufende Untersuchungen der Beschaffenheit des Drainswassers zu unterrichten. Diese Untersuchungen sind sowohl in chemischem als biologischem Sinne auszuführen. In chemischer Hinsicht scheint es nicht unwichtig zu sein, endgültig festzustellen, ob der Boden im stande ist, die sogen. „Umsetzungsgifte“ (giftige Produkte der Zersetzung) festzuhalten. Die bisherigen Versuche hierzu sprechen in bejahendem Sinne; nichtsdestoweniger wird die Thatsache zuweilen noch angezweifelt. Die biologische Untersuchung wird aus den gewonnenen Keimzahlen die nötigen Anhaltspunkte zu einem sicheren Urteile

über die Desinfektionsleistung der Felder gewinnen. Keimfreiheit wird sich aber durch Rieselung kaum je erreichen lassen, bleibt daher ein ideales Ziel, dem man sich nur möglichst annähern kann.

Die Drainswasser von Rieselfeldern müssen insbesondere arm an Stickstoff, Kohlenstoff und Phosphorsäure und möglichst frei von Keimen sein, auch kein Ammoniak und keine salpetrige Säure enthalten. Ist dieser Zustand erreicht, so kann Fäulnis nicht mehr eintreten und ist Einlassen in offene Gewässer — selbst kleine — unbedenklich. Gewöhnlich wird in den Drainswassern viel Chlor (Kochsalz), Kali und Salpetersäure angetroffen; daneben pflegen sie reicher an Kohlensäure und Schwefelsäure, aber ärmer an Sauerstoff zu sein als die Schmutzwasser. Je nach der Sorgfalt, welche auf die Rieselung verwendet wird (Größe und Beschaffenheit der Felder, Aufbringungsweise der Wasser u. s. w.), werden aus dem Schmutzwasser entfernt: sämtliche Schwebestoffe, 66—100% des organischen Stickstoffs, bis 100% des organischen Kohlenstoffs und der Phosphorsäure, 75% und darüber Kali, 25—33% Chlor und 75—100% der Keime.

Nachstehend folgt die Mitteilung einer Anzahl von Analyseergebnissen, die an Berliner Schmutzwässern in gereinigtem und ungereinigtem Zustande in den letzten Jahren ermittelt sind, und zwar immer bei derselben Untersuchungsmethode. Es ersieht sich aus den Zahlen, einerseits in wie weiten Grenzen die Beschaffenheit der Schmutzwasser derselben Stadt mit Ort und Zeit wechselt, und andererseits wie sehr verschieden auf demselben Rieselfelde die Reinigung ausfällt, je nachdem Benutzung der Schmutzwasser zum Anbau von Gras oder Hackfrüchten stattfindet, bzw. die Wasser in den sogen. Einstaubassins (S. 293) bloß einen Filterprozeß durchmachen.

Aus 44 Analysen, welche in der Zeit von 1888—1895 mit Schmutzwässern von 7 unter den Berliner Rieselfeldern ausgeführt wurden, ergab sich folgender Gehalt an Schwebestoffen: Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm:

	Trockenrückstand	Glühverlust	Glührückstand
Mittel	1154	758,8	395,2
Prozent	100	65,7	34,3
Grenzen	86 u. 8050	54—4110	43 u. 3940

In runden Zahlen bestanden danach die Schwebestoffe der Berliner Abwasser zu $\frac{2}{3}$ aus organischen und zu $\frac{1}{3}$ aus mineralischen Stoffen und enthielt 1 cbm derselben nahezu 1,2 l (trockene) Schwebestoffe = $\frac{1}{833}$ an Volumen. Zum Verständnis

der sehr weit auseinander liegenden Grenzen ist anzuführen, daß die Wasserproben unmittelbar an Schieberauslässen entnommen wurden, daher angenommen werden kann, daß in einigen Fällen unmittelbar hinter den Schiebern Ansammlungen größerer Schwebestoffmengen stattgefunden haben.

Unter den gelösten Stoffen der Schmutzwasser sind die mineralischen vorherrschend, da sie reichlich 70 %, die organischen daher nur knapp 30 % ausmachen. Im gereinigten Wasser betragen die mineralischen Stoffe fast 90 %, die organischen nur etwas über 10 %. Der Reinigungseffekt der Berliner Rieselfelder besteht hier nach etwa in folgenden Veränderungen der gelösten Stoffe des Schmutzwassers:

1. Die Mengen des Verdampfungsrückstandes, sowie des Kalis und Natrons bleiben unverändert; Chlor und Schwefelsäure zeigen nur geringe Abnahmen.
2. Der Glühverlust ist bis etwa 50 %, die Menge des zur Oxydation erforderlichen Sauerstoffs auf etwa 10 % vermindert, das Ammoniak bis auf etwa 2,5 %. Entsprechend zeigen sich gewisse, nicht unbeträchtliche Mengen von salpetriger Säure und große Mengen von Salpetersäure. Das Verbleiben

eines Restes von Ammoniak, sowie das Erscheinen von salpetriger Säure beweist aber, daß der Oxydationsvorgang nicht ganz zu Ende gekommen ist.

3. Die Phosphorsäure ist bis auf etwa 7 % vermindert.
4. Die Zahl der Keime, welche das Drainswasser enthält, erscheint bei dem — hier nicht angegebenen, aber S. 278 vermerkten — sehr hohen Keimgehalt des Schmutzwassers befriedigend weit herabgesetzt.

Das vorstehende, im allgemeinen befriedigende Ergebnis erleidet mit Bezug auf die Leistung der drei Arten der Reinigung Aenderungen.

Die Reinigung auf den Wiesen geschieht am vollkommensten: das Ammoniak wird auf weniger als 1 % des ursprünglichen Gehalts zurückgeführt; und die fast vollkommene Oxydation der organischen Stoffe zeigt sich in dem Vorkommen salpetriger Säure nur in Spuren, dagegen in dem Höchstbetrage an Salpetersäure. Unter diesen Umständen ist es von keiner besonderen Bedeutung, daß die Keimzahl nicht bis auf den niedrigsten Satz heruntergebracht wird, sondern auf einem mittleren Satze stehen bleibt. Bei den Wiesen werden die Schmutzwasser über die Oberfläche des Landes geführt.

Weniger vollkommen erfolgt die Reinigung auf den mit Hackfrüchten zu besetzenden Beeten, bei denen das Wasser den Früchten nicht von oben, sondern von der Seite aus zugeführt wird. Es verbleiben etwa 4 % Ammoniak im Drainswasser; dazu findet sich salpetrige Säure in einiger Menge und ein etwas minderer Gehalt an Salpetersäure als in dem Drainswasser der Wiesen, als Beweise von einem minder weiten Vorschreiten des Oxydationsvorganges.

Die unvollkommenste Reinigung ergeben die Einstaubassins, in denen die Reinigung der Schmutzwasser lediglich Wirkung der Filtration ist. Das Ammoniak ist zwar auf etwa 2,1 % zurückgeführt, dagegen ein sehr hoher Gehalt an salpetriger Säure vorhanden und der geringste an Salpetersäure. Glühverlust, Sauerstoffbedarf und Keimzahl sind hier am höchsten. Man kann daher sagen, daß die Einstaubassins üble Zugaben der Berliner Rieselfelder sind, deren Benutzung auf das Unvermeidliche eingeschränkt werden muß, um den gesundheitlichen Ansprüchen an die Reinigung in den möglichen Grenzen zu genügen.

Es scheint aber nicht überflüssig, hier hinzuzufügen, daß das in den Analyseergebnissen vorgeführte Bild kein scharfes ist, teils deshalb nicht, weil in manchen Fällen die Bestimmung einzelner Bestandteile des Wassers unterblieben ist. Aber mehr als aus diesem Grunde wird das Bild dadurch unklar, daß es sich bei dem ungereinigten und dem gereinigten Wasser nicht um identische Proben handelt, wie schon ein Blick auf die in der Tabelle vermerkten Tage der Entnahme der Wasserproben zeigt. Endlich ist zu beachten, daß in den Analysen der Drainswasser auch derjenige Teil der Reinigung der Schmutzwasser mit zum Ausdruck kommt, den die Schwebestoffe erlitten haben, da auch von diesen ein gewisser Teil mineralisiert wird, und in das Drainswasser gelangt. Die Umbildung der gelösten Stoffe ist um den Teil größer, den die Umbildung der Schwebestoffe zu dem Reinigungseffekt beigetragen hat. Die mitgeteilten Analyseergebnisse liefern daher weiter nichts als ein allgemeines Bild von der Beschaffenheit der den Berliner Rieselfeldern zu gewissen Zeiten im Jahre 1893/94 zugeführten Schmutzwässern und den von den Feldern abgeflossenen Drainswässern, — jedoch kein genaues Bild des Reinigungsvorganges, den bestimmte Wasserproben auf den Feldern durchmachen. —

Einzelne der Berliner Rieselfelder, wie z. B. die zum Rieselbezirk Osdorf gehörenden, haben nunmehr eine Betriebsdauer von reichlich 20 Jahren hinter sich; die Danziger Rieselfelder stehen noch um einige Jahre länger in ständigem Gebrauch. Durch den einfachen Hinweis auf diese Fälle und andre, die in England vorliegen,

wo es sich um noch längere Betriebszeiten handelt, erledigt sich wohl in ausreichender Weise der hie und da aufgeworfene Zweifel: ob Rieselfelder Benutzungsfähigkeit dauernd bewahren, oder ob früher oder später ein Zeitpunkt eintritt, wo die Fähigkeit derselben zur Schmutzwasserreinigung aufhört?

Gehalt Berliner Schmutzwasser an gelösten Stoffen vor und nach der Rieselung (bezw. Filtration in den Einstaubassins).

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm.

Rieselbezirk und Ort der Entnahme	Tag der Probe- entnahme in 1893/94	Trocken- rückstand	Glühverlust	Verbrauch an KMnO_4	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter- säure	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Chlor	Kali	Natron	Keime in 1 cbm
Osdorf.													
Ungereinigtes Wasser	$\frac{2}{5}$	1062,4	252,8	290,0	110,5	0	0	29,9	104,0	235,5	56,9	211,9	—
	$\frac{2}{10}$	1121,6	334,4	379,2	144,5	0	0	36,9	12,9	259,7	76,2	229,1	—
Gereinigtes Wasser:													
1. von Beeten . . .	$\frac{4}{5}$	1346,4	153,6	35,7	1,2	3,4	210,0	1,5	141,6	266,4	22,4	235,6	1 850
2. von Wiesen . . .	$\frac{4}{10}$	1284,0	152,8	55,6	0,6	0	159,3	2,6	—	377,5	—	—	27 000
3. von Einstaubassins	$\frac{11}{9}$	1028,0	134,4	67,5	3,8	18,3	17,5	3,3	109,9	250,0	42,9	223,1	122 360
Großbeeren.													
Ungereinigtes Wasser	$\frac{1}{6}$	1119,2	346,4	363,4	120,1	0	0	24,6	53,8	286,4	48,7	267,5	—
	$\frac{6}{11}$	945,6	180,0	308,1	89,3	0	0	19,7	30,2	234,2	58,8	230,1	—
1. von Beeten . . .	$\frac{8}{11}$	805,6	143,2	54,4	1,6	0	26,3	1,8	—	203,9	—	—	57 000
2. von Wiesen . . .	$\frac{3}{6}$	780,8	99,2	40,1	2,3	Spur	117,9	1,6	—	194,8	—	—	71 280
3. von Einstaubassins	$\frac{11}{9}$	1667,2	314,4	59,1	7,3	19,2	217,9	1,9	—	258,5	—	—	24 320
Malchow.													
Ungereinigtes Wasser	$\frac{12}{6}$	995,6	296,8	350,8	97,8	0	0	17,9	47,2	199,5	63,9	218,5	—
	$\frac{15}{11}$	1129,6	267,2	420,3	123,3	0	0	18,4	123,5	213,0	62,4	194,3	—
1. von Beeten . . .	$\frac{15}{6}$	1063,2	76,8	42,7	13,6	0	54,0	1,0	—	254,2	—	—	4 560
2. von Wiesen . . .	$\frac{17}{11}$	884,4	102,4	32,5	0,7	0	144,6	2,6	—	191,2	—	—	19 800
3. von Einstaubassins	$\frac{11}{11}$	1241,6	110,0	17,1	0,1	3,6	223,8	1,7	—	54,6	—	—	390
Falkenberg.													
Ungereinigtes Wasser	$\frac{16}{5}$	1176,8	431,2	432,9	187,0	—	0	36,3	26,1	239,1	77,8	235,4	—
	$\frac{13}{7}$	1161,6	316,8	357,1	93,5	0	0	14,8	52,2	280,4	61,0	229,5	—
1. von Beeten . . .	$\frac{18}{5}$	1196,8	185,6	20,2	0,9	—	163,0	2,3	—	217,3	—	—	3 360
2. von Wiesen . . .	$\frac{15}{7}$	1381,6	211,2	27,2	1,3	Spur	244,6	2,4	—	254,3	—	—	22 400
3. von Einstaubassins	$\frac{16}{12}$	1046,4	107,6	27,2	1,3	0	178,0	2,2	—	242,9	—	—	14 940
Blankenfelde.													
Ungereinigtes Wasser	$\frac{25}{9}$	1057,6	357,6	290,7	102,0	0	0	21,0	24,7	239,1	55,7	203,6	—
	$\frac{23}{10}$	904,8	275,2	401,3	153,0	0	0	26,6	46,4	208,1	71,3	194,2	—
1. von Beeten . . .	$\frac{28}{6}$	1162,4	122,0	21,5	7,1	7,0	269,6	1,6	47,0	202,3	14,6	182,8	—
2. von Wiesen . . .	$\frac{25}{10}$	885,6	164,0	19,9	0,4	0	150,4	1,2	—	156,6	—	—	408
3. von Einstaubassins	$\frac{17}{2}$	1002,4	147,2	34,8	3,4	8,2	77,3	Spur	—	169,3	—	—	122 760

Rieselbezirk und Ort der Entnahme	Tag der Probe- entnahme in 1893/94	Trocken- rückstand	Glühverlust	Verbrauch an KMnO_4	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter- säure	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Chlor	Kali	Natron	Keime in 1 ccm
Mittel des ungerei- nigten Wassers . .	—	1067,5	305,8	359,4	122,1	0	0	24,6	52,1	239,5	63,0	224,4	—
Mittel des gereinig- ten Wassers:													
Von Beeten	—	1114,5	136,2	34,9	4,9	2,6	144,6	1,6	94,3	228,8	18,5	209,2	16 690
Von Wiesen	—	1043,3	145,9	35,1	1,1	Spur	163,4	2,1	—	234,9	—	—	28 177
Von Einstaubassins .	—	1197,1	162,7	41,1	3,2	9,9	142,9	1,8	109,9	195,1	42,9	223,1	56 954

§ 187. Die Reinigung städtischer Schmutzwasser durch Entfernung der Schwebestoffe aus denselben mittelst Klärung beginnt schon vor dem Anfang der zweiten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts in England. Die ersten Anlagen waren von roher Art und kaum geeignet, selbst nur den größten Teil der Schwebestoffe abzusondern. Man hielt aber die Schwebestoffe für wertvolle Düngemittel, aus deren Verkauf vermeintlich bedeutende Gewinne gezogen werden könnten. Zahlreiche Gesellschaften bildeten sich für diesen neuen Erwerbszweig, die rasch arge Enttäuschungen erlebten. Diese besonders bei den Klärverfahren von vornherein gemachte Erfahrung hat sich trotz weitgehender Vervollkommnungen des Klärverfahrens fast immer wiederholt, so daß heutzutage bei Klärbetrieben die Schlammabseitung fast immer als schwierigster Teil der ganzen Aufgabe gilt.

In Deutschland beginnt die Benutzung von Kläranlagen für städtische Schmutzwasser etwa mit dem Jahre 1880. Die ersten Werke dieser Art treffen wir in Frankfurt a. M., Wiesbaden, Essen a. d. R., Halle. Die 15. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege ließ sich (1889) über die in den Betrieben dieser Anstalten bis dahin gewonnenen Erfahrungen Berichte erstatten, welche im allgemeinen günstig lauteten. Dennoch einigte sie sich am Schluß der Verhandlung in folgender, vorsichtig gefaßten Resolution:

„Die Versammlung nimmt mit großem Interesse von den bei den verschiedenen künstlichen Reinigungsverfahren der Abwässer gemachten Fortschritten Kenntnis. Sie ist aber auch jetzt noch der Ansicht, daß keines dieser Verfahren sich bisher schon vollkommen bewährt hat, namentlich auch die schwer wiegende Frage der Verwendung der Rückstände noch nicht gelöst ist. Die Versammlung muß daher um so mehr an ihrem in Breslau 1886 gefaßten Beschluß (S. 279) festhalten, als auch der Kostenpunkt bei der künstlichen Reinigung ein hoher ist.“

Im wesentlichen gilt diese Resolution auch noch für den bis heute erreichten Zustand; doch hat die Bedeutung, welche in der Resolution dem Kostenpunkte beigelegt wird, abgenommen, nachdem die inzwischen gemachten Erfahrungen den Beweis geliefert haben, daß keines der bekannten Abwasser-Reinigungsverfahren ohne Aufwendung eines gewissen, nicht kleinen Kostenbetrages durchführbar ist, den man früher als mehr oder weniger „zu hoch“ glaubte ansehen zu können.

§ 188. Verglichen mit der Schmutzwasserreinigung auf Rieselfeldern kommt bei der Klärung der Faktor der Aufnahme gelöster Stoffe durch den Pflanzenwuchs in Fortfall, desgleichen das Bindevermögen des Bodens für eine Reihe von unreinigenden Stoffen, darunter auch der Riechstoffe. Für diese Ausfälle müßte

daher gegebenenfalls durch Mitankwendung chemischer Mittel ein Ersatz geschafft werden.

Während nach dem Vorstehenden die Klärung in wirtschaftlicher Hinsicht weniger leistet, als die Rieselung, steht ihre Leistung in gesundheitlicher Hinsicht umgekehrt, vielleicht höher als die der Rieselung. Sicherheit für die Vernichtung schädlicher Mikroben durch Rieselung oder Filtration ist nicht gegeben; dagegen wird es ohne besondere Schwierigkeiten möglich sein, bei der Klärung Sicherheit hierfür zu schaffen — auch Neubildungen solcher Mikroben zu verhüten —, weil das Reinigungsverfahren auf engen Raum zusammengedrängt ist und man dasselbe in allen Teilen beherrscht, während man bei der Berieselung von mancherlei Naturvorgängen abhängt, auf die ein Einfluß nicht geübt werden kann.

Erreicht wird bei der Klärung im allgemeinen die Beseitigung der Schwebestoffe des Wassers, diese auch einigermaßen vollständig. Dagegen gelingt es nicht, von den gelösten Stoffen einen erheblichen Teil auszuschcheiden. Ziemlich vollständig erfolgt die Ausscheidung der Phosphorsäure, zu geringem Grade auch die Unterdrückung der Riechstoffe. Dagegen werden im geklärten Wasser Kali, Ammoniak und die organische Substanz zurückgehalten. Die geklärten Wasser bleiben deshalb fäulnisfähig, und es sind besondere Zusätze oder Behandlungsweisen notwendig, um dieser Möglichkeit zu begegnen, wenn die Wasser nicht etwa rasch einem größeren Gewässer übergeben werden können, in dem eine die Fäulnis verhindernde weitgehende Verdünnung stattfindet. Die Zahl der Keime wird sich beim Klären bis auf eine relativ geringe vermindern; die — weniger widerstandsfähigen — pathogenen Keime sind mit ausreichender Sicherheit durch chemisch-mechanisches Klärverfahren vernichtbar (vergl. S. 274).

§ 189. Die Schlammengen, welche bei der Klärung erfolgen, sind im getrockneten Zustande gleich den Mengen der Schwebestoffe, welche das Wasser enthält, die nach S. 169 $\frac{1}{3000}$ bis zu $\frac{1}{750}$ betragen; auf 1 cbm berechnet, würden dies 0,33—1,33 l Schlamm sein und, auf 1 Kopf und Jahr berechnet, bei 36,5 cbm Wasserverbrauch, 12—48 l, oder pro Tag 0,033—0,13 l (bezw. etwa ebensoviel in Kilogramm). In der nassen Beschaffenheit, in welcher der Schlamm gewonnen wird, enthält derselbe 85—95 % Wasser und nimmt einen entsprechend größeren Raum ein. Crimp (Dibdin and Crimp, On Disposal of Sewage Sludge, Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin. 1886/87) giebt für 6 englische Städte die auf 1 Kopf täglich entfallende Menge von mit 90 % Wasser beladenem Schlamm zu 0,98 l durchschnittlich, mit den Grenzwerten 0,8 und 1,4 l an. Bei 125 l täglichem Wasserverbrauch, wie er in englischen Städten vielfach stattfindet, würden dies für 1 cbm Abwasser durchschnittlich 7,9 l Schlamm mit den Grenzwerten 6,4 und 11,2 l sein. Auch in deutschen Städten haben sich ähnlich große Mengen, von 2—10 l nasser Schlamm, für 1 cbm Schmutzwasser ergeben. Doch ist zu bemerken, daß diese großen Mengen nicht allein Schwebestoffmengen sind, die das Wasser ursprünglich enthielt, sondern dass denselben Mengen der bei der Klärung benutzten Fällmittel und ein gewisser Teil der durch die Fällmittel in unlösliche Form übergeführten verunreinigenden Stoffe hinzugegetreten sind.

Durch „Absitzenlassen“ des nassen Schlammes in Becken wird seine Menge auf etwa $\frac{1}{3}$ vermindert. Durch Trocknen an der Luft verschwindet die Feuchtigkeit bis auf etwa 70 %. Der Schlamm geht dabei aus dem flüssigen Zustande in den „stichfesten“ Zustand über; die Erreichung dieses Trockenheitszustandes erfordert indessen längere Zeit: im Sommer einige Wochen, im Winter ebensoviele Monate. Man kann die Trocknung an der Luft dadurch stark abkürzen, daß man den Schlamm

auf stark durchlässiger, gut entwässerter Unterlage ausschüttet, noch mehr indem man dem nassen Schlamm (trockenen) Aetzkalk beimischt und alsdann auf einer durchlässigen Unterlage, bestehend aus Asche oder grob zerkleinertem Ziegelstein, breitet; bei dieser Behandlung wird die Trocknung bis zur Stichfestigkeit schon in wenigen Tagen erreicht.

Um eine weitere Verminderung des Wassergehalts an der Luft, bis auf 50%, zu erzielen, ist sehr lange Zeit erforderlich: in feuchter Jahreszeit oder in feuchten Klimaten bis zu 12 Monaten. Empfehlenswert ist es immer, die Schlammablagerungen durch Ueberdachung und hohe Lage vor Zutritt weiterer Feuchtigkeit zu schützen, indem dadurch die bis zur Erreichung der Stichfestigkeit u. s. w. verfließende Zeit einigermaßen abgekürzt wird.

Will man dem Schlamm — ohne Zeitaufwand — einen großen Teil seines Wassergehaltes entziehen, was für den Zweck der Fortschaffung der Massen aus der Nähe der Erzeugungsstelle notwendig sein kann, so müssen künstliche Mittel angewendet werden. Durch Pressen läßt sich der Wassergehalt von (90—95 %) auf etwa 55—50 % herabsetzen, und wird dabei das ursprüngliche Volumen auf 25—20 % ermäßigt. Ein neueres — von Rothe angegebenes Verfahren — benutzt Luftverdünnung; desgleichen ist Luftverdünnung mit Wärme verbunden zur Anwendung gebracht worden. Diese Verfahren scheinen indes noch nicht ausgereift genug, um über ihre Anwendbarkeit im größeren Maßstabe ein sicheres Urteil gewinnen zu können; bei Benutzung von Wärme sind aber die Kosten hoch. Pressen sind in langjähriger Erfahrung erprobt und bestehen auch über den Kostenpunkt, um den es sich dabei handelt, keine Zweifel mehr. Crimp (a. a. O.) giebt für 6 englische Städte die Menge der auf Pressen erzeugten Schlammkuchen (Schlammziegel) wie folgt an:

für 1 cbm Schmutzwasser zu durchschnittlich	1,84 kg, mit den Grenzen 0,81—	2,46 kg
für 1 Kopf und Jahr	109 „ „ „ „	84—181 „

Werden hiervon 50 % als Wasser gerechnet, so bleiben als feste Mengen:

für 1 cbm Schmutzwasser zu durchschnittlich	0,92 kg, mit den Grenzen 0,40—	1,23 kg
für 1 Kopf und Jahr	54,5 „ „ „ „	42 —90 „

Das zwischen der Schlammmenge pro Kubikmeter Wasser und pro Kopf und Jahr bestehende Verhältnis führt auf einen Wasserverbrauch pro Kopf und Tag von 137 l, der für englische Städte als ein wenig über „normal“ gelten kann. Die Mittelzahlen: 0,92 und 54,5 kg, stehen mit den zu Anfang dieses Paragraphen berechneten in befriedigendem Einklang, da das Mehr, welches vorliegt, sich aus den Zusätzen an Fällmitteln, die bei der Klärung angewendet wurden, erklärt.

Setzt man voraus, daß aller Schlamm durch Pressen auf 50 % Wassergehalt herabgebracht wird, so entstehen in einer Stadt von 50 000 Einwohnern jährlich im Durchschnitt $50\,000 \cdot 54,5 = 2\,725\,000$ kg oder etwa 2725 cbm Schlammkuchen; eine Menge, die unter ungünstigen Verhältnissen auf über 3000 cbm steigen, unter günstigen sich auf etwas über 2000 cbm ermäßigen kann. Die nassen Schlamm-mengen, wie sie aus den Kläranlagen kommen, können das 4—5fache der hier berechneten Mengen erreichen.

Hierdurch ist der Beweis zahlenmäßig erbracht, daß der Verbleib der beim Klären sich ergebenden Schlamm-mengen eine nach mehreren Richtungen hin schlimme Seite der Abwasserklärung bildet. Zunächst in dem Sinne, daß der Schlamm von einer Zusammensetzung ist, die denselben, vom gesundheitlichen Standpunkt beurteilt, hoch bedenklich macht. Im allgemeinen besteht der Trockenrückstand des Schlammes

zu 70—85 % aus anorganischen und zu 30—15 % aus organischen Stoffen; in letzterem ist der Stickstoff in der Menge von 6,8—2,4 %, bezogen auf die Gesamtmenge des Trockenrückstandes, vertreten. In den Mineralstoffen sind als anderweitige wertige Anteile Phosphorsäure und Kali in geringen Mengen enthalten.

Nachstehend folgt die Mitteilung von 2 Analysenergebnissen, aus denen Näheres erkennbar ist:

In 100 Teilen sind enthalten:	Schlammzustand	
	lufttrocken	wasserfrei
Wasser	76,74 bezw. 82,84	0 bezw. 0
Organische Stoffe	5,36 „ 4,82	28,21 „ 28,21
Darin: Stickstoff	0,22 „ 0,29	1,63 „ 1,63
Anorganische Stoffe	17,90 „ 12,32	71,79 „ 71,79
Darin: Phosphorsäure	0,22 „ 0,17	1,01 „ 1,01
Kali	— „ 0,065	— „ 0,38
Kalk	3,72 „ 3,58	26,85 „ 20,58
Thonerde und Eisenoxyd	2,68 „ 1,56	9,08 „ 9,09
Sand und Thon	8,47 „ 3,29	19,19 „ 19,19
Kieselsäure	— „ 1,50	— „ 8,75

Der lufttrockene Schlamm ist hiernach im allgemeinen arm an dungwertigen Stoffen, und da der Stickstoff der Zersetzung durch den Kalkzusatz widerstanden hat, wird derselbe im allgemeinen sich in einer stabilen chemischen Verbindung befinden, so daß es zweifelhaft ist, ob dieser Bestandteil sich zur unmittelbaren Aufnahme durch Pflanzenwuchs überhaupt eignet. Der Schlamm ist daher im allgemeinen „Ballast“ von geringem Werte, der die Kosten längerer Transporte nicht tragen kann, vielmehr nur ein enges Absatzgebiet hat — ausgenommen den Fall, daß der Kalkgehalt etwa ein gesuchter Bestandteil des Schlammes ist, wie dies für kalkarme Böden stattfindet. Sehr regelmäßig pflegt sich daher die Erscheinung zu wiederholen, daß für den Schlamm, selbst in besser getrocknetem — oder gepreßtem — Zustande sich nur schwer Abnehmer finden und den Kläranstalten wenigstens zu Zeiten die Aufgabe verbleibt, auch für geeignete endgültige Unterbringung mehr oder weniger großer Schlammmassen Sorge zu tragen. Selten gelingt es für dieselben, nur einen geringen Preis zu erzielen, der zu den Kosten des Verfahrens einen gewissen, einigermaßen ins Gewicht fallenden Beitrag liefert. Gewöhnlich werden die Kläranstalten schon Grund zu besonderer Zufriedenheit haben, wenn sich Abnehmer finden, die den Schlamm wenigstens zu gewissen Jahreszeiten kostenfrei oder gegen eine geringe Zuzahlung abholen.

Hieraus ersieht sich, daß bei Anlage einer Kläranstalt u. a. auch die folgenden Fragen genau gewürdigt sein wollen:

Ob und welche dauernden Absatz- oder nur Verbleibsmöglichkeiten für den Schlamm bestehen?

Ob und welcher Preis für den Schlamm zu erzielen ist, um danach sowohl die anzuwendenden Klärmittel, als die nachträgliche Behandlung des Schlammes — Trocknung desselben — zweckmäßig einzurichten?

Säuren und hohe Alkalinität des Schlammes machen den Schlamm als Düngemittel mehr oder weniger wertlos. Wird Kalk als Klärmittel verwendet, so kann auch das Ammoniak aus dem Schlamm verschwinden. Ein etwaiger Rest davon kann noch beim Pressen ausgetrieben werden. Gepreßter und danach vollständig

getrockneter Schlamm enthielt etwa 1—2 % Stickstoff und etwas mehr an Phosphorsäure.

Die aus den stark eisenhaltigen Abwässern von Wolverhamptom durch Pressen hergestellten frischen und demnächst weiter getrockneten Schlammkuchen haben die in nachfolgender Tabelle angegebene Zusammensetzung, zu der zu bemerken ist, daß zu Wolverhamptom mit Kalk in der Menge von 0,4 kg auf 1 cbm Abwasser geklärt wird; diese Menge ist relativ hoch. Die Schlammkuchen werden an Landwirte unentgeltlich abgelassen und finden willig Abnehmer.

	Frisch gepreßte Schlamm- kuchen %	An der Luft bis zum Zerfallen getrocknet %	Ungefähre Zu- sammensetzung von gewönl. Landdünger %
Feuchtigkeit bei Erhitzung auf 100°	50	26,70	75
Organische Stoffe	14,12	20,70	17
Phosphorsäure	0,48	0,70	8
Aetzkalk	11,12	16,30	
Eisenoxyde	5,48	8,03	
Thonerde	2,18	3,19	
Kieselsäurehaltige Stoffe .	7,88	11,55	
Magnesia u. s. w.	0,83	1,23	
Kohlensäure	7,91	11,60	

Das aus dem Schlamm ablaufende oder durch Pressung entfernte Wasser ist hochgradig verunreinigt. Man pflegt sich desselben durch abermalige Einleitung in die Klärbehälter zu entledigen. Wenn mit Kalk im Ueberschuß geklärt ist, so enthält das Wasser noch gewisse Kalkmengen, die bei der wiederholten Aufleitung nutzbar für die Wasserreinigung werden. Crimp giebt (a. a. O.) eine Analyse von bei der Schlammpressung abgeschiedenem Wasser, welches noch mit Kalk gesättigt war; dieselbe wird hier mitgeteilt:

Verdampfungsrückstand (bei 120° Temp. erlangt)	3720 mg in 1 l
Glühverlust	404 " " "
Chloride	67 " " "
Kohlensaurer Kalk (CaO)	1875,5 " " "
Flüchtiges Ammoniak	98,6 " " "
Gebundenes	25,7 " " "
Verbrauch an KMnO_4 zur Oxydation organischer Stoffe, wäh- rend der Dauer von 2 Minuten	11,3 " " "
Desgleichen während der Dauer von 4 Stunden	17,2 " " "
Alkalinität (auf Kalkhydrat berechnet)	2167,1 " " "

Zur Verwendung als Dünger in größerer Entfernung von der Kläranstalt ist notwendig, daß der Schlamm gepreßt und noch weiter getrocknet werde. Behufs Verteilung auf den Acker sind die stärker getrockneten Schlammkuchen zu pulvern.

Wenn mit Bezug auf den Verbleib des Schlammes die Sachlage dauernd ungünstig ist, oder wenn auch nur vorübergehend in einigem Umfange die Notwendigkeit besteht, große Schlammmassen unmittelbar bei der Kläranstalt aufzuspeichern, greifen große gesundheitliche Bedenken, die hieran anknüpfen, Platz: Luft-, Boden- und Grundwasserverderbnis, Belästigung der Umgebung durch Gerüche

und Fliegen, so daß die Frage auftreten kann, ob nicht die hiervon drohenden Schäden größere sind als diejenigen, welche von der Einleitung der ungereinigten Schmutzwasser in ein offenes Gewässer vielleicht erwartet werden müssen?

§ 190. Wo die Schlammmassen nicht absatzfähig sind, bleiben zu ihrer gesundheitsunschädlichen Beseitigung etwa folgende Wege offen:

a) Untergraben derselben in nassem oder wenig getrocknetem Zustande auf wüstem oder auch in Kultur stehendem Lande. Die Anwendung des Mittels hängt von örtlichen Verhältnissen ab; es kann das beste und billigste unter den zu Gebote stehenden sein. Dasselbe wird u. a. in Birmingham benutzt.

b) Abtransport auf niedrig liegendes Gelände zur Aufhöhung desselben. Auch hierbei ist durchaus die Oertlichkeit entscheidend. Sind betreffende Bodenflächen nicht in unmittelbarer Nähe der Kläranstalt vorhanden, so wird es wohl immer notwendig sein, den Schlamm vor dem Transport einigermaßen zu trocknen — wenigstens „stichfest“ werden zu lassen.

c) Verbringen in stehende offene Gewässer oder ins offene Meer hinaus. Das Mittel steht in einigen englischen Städten in Uebung. Der Schlamm braucht nicht getrocknet zu werden, sondern nur „abzusitzen“. Man wird denselben daher in kürzester Frist los und dient damit vielleicht auch dem Fischleben. Zu gewissen Jahreszeiten können durch üble Witterung Unterbrechungen der Transporte entstehen. Wieder hängt alles von der Oertlichkeit ab.

d) Vermischung mit Straßenkehricht und Hausmüll. Dabei erfolgt Versetzung in den halb trockenen Zustand, der den Abtransport erleichtert. Vielleicht ist das Gemisch als Dünger wertvoll genug, um die Kosten etwas längerer Transporte tragen zu können; indessen ist dies wenig wahrscheinlich (vergl. hierzu S. 257 u. 263).

e) Verbrennung. Bei dem nur geringen Anteil an organischen Stoffen setzt die Verbrennung einen gewissen hochliegenden Trockenheitszustand voraus, der erst durch Pressen oder auf andere künstliche Weise geschaffen werden muß. Nur in dem Falle daß den Schmutzwässern größere Mengen organischer Stoffe beigemischt sind — wie es z. B. in Städten mit größeren Fabrikbetrieben gewisser Gattungen der Fall sein kann — gelingt die Verbrennung auch nassen Schlammes ohne Kohlenzusatz. Uebrigens verbleiben dabei größere Aschenmengen; die geringste Menge scheint etwa 15 % zu sein und die Asche ist wertlos. Ein betreffendes Beispiel bietet die Fabrikstadt Salford mit vielen Sammetwebereien (Dibdin and Crimp a. a. O.). Auch durch Zumischung von Straßenkehricht oder Hausmüll kann genügende Abtrocknung erreicht werden, damit der Schlamm verbrennungsfähig sei. Für diese Beseitigungsweise liegen in England mehrere Beispiele vor. Ebenfalls ist es möglich, die für die Verbrennung notwendige Trocknung durch Pressen des Schlammes herzustellen. Die Oefen entsenden aber übel riechende Bestandteile in die Luft, welche gesammelt und von neuem in Feuerungen geleitet werden müssen, um vollständig verbrannt zu werden.

Die Kosten der Verbrennung können wegen der Austreibung des Wassers nicht anders als hoch sein. Versuche, einen gewissen Ersatz durch Gewinnung des Ammoniaks zu erzielen, scheinen bisher keinen ausreichenden Erfolg geliefert zu haben. Das Bestreben, bei der Verbrennung einen teilweisen Ersatz der Kosten herauszuschlagen, kann von besserem Erfolg sein, wenn bei der Klärung Kalk benutzt wird, oder wenn in den zugemischten Stoffen (Straßenkehricht) Kalk in entsprechender Menge vorhanden ist. In diesem Falle kann beim Verbrennen — da die organischen Teile in Asche verwandelt werden — Aetzkalk und, wenn Thonerde und Kieselsäure zugesetzt werden, eine andere ähnliche Art Mörtelmaterial gewonnen werden; der Aetzkalk kann auch wiederholt als Klärmittel dienen, also

einen Kreislauf durchmachen. Auch für diese Verfahren liegen in England Beispiele vor.

Welches Verfahren auch zur Beseitigung des Schlammes gewählt wird, immer wird dasselbe mit Kosten verbunden, nur selten Gelegenheit gegeben sein, sich ohne Kostenaufwand der Schlammmassen zu entledigen. Im günstigsten Falle sind dieselben wertlose oder doch nahezu wertlose Massen. Selbstverständlich kann durch Benutzung von Klärmitteln, welche den Düngerwert des Schlammes erhöhen, an diesem Zustande einiges gebessert werden. Bereits sind betreffende Klärmittel und Verfahrensweisen bekannt, und es steht sicher zu erwarten, daß es der Technik gelingen wird, in dieser Richtung weitere Erfolge zu erzielen. (Vergl. weiterhin.)

§ 191. Außer den Fragen, die im vorhergehenden Paragraphen berührt worden sind, kommen bei der Entscheidung darüber, ob Klärung oder nicht? und auf welche Weise am vorteilhaftesten geklärt wird? noch eine Reihe Umstände in Betracht, wozu etwa folgende gehören:

1. Es muß ein offenes Gewässer in erreichbarer Nähe sein, dem die geklärten Wasser übergeben werden können. Möglichst unmittelbare Nähe desselben ist hoch erwünscht, eine gewisse Größe desselben, die ein Vielfaches der Abwassermenge erreicht, notwendig.

Entfernte Lage des offenen Gewässers verursacht nicht nur einen entsprechenden Kostenaufwand für die Zuleitung, sondern beeinflusst auch die Beschaffenheit des noch fäulnisfähige Stoffe in großer Menge enthaltenden geklärten Wassers in ungünstigem Sinne, wenn nicht durch Zusatz entsprechender Chemikalien dem Fortgang der Fäulnis für eine ausreichend lange Dauer vorgebeugt wird. Hat das Gewässer reichliche Größe, so daß eine weitgehende Verdünnung der Faulstoffe stattfindet, so wird hier keine Fäulnis mehr auftreten; im andern Falle ist dies möglich und findet Schädigung des Gewässers statt. Genaues über das erforderliche Verhältnis zwischen der Flußwasser- und der Abwassermenge ist bei den großen Verschiedenheiten in der Selbstreinigungsfähigkeit der Flüsse (vergl. das betr. Kapitel) und den Ungleichheiten in der Beschaffenheit der geklärten Wasser nicht wohl anzugeben; im allgemeinen dürfte die Verdünnung ausreichen, wenn die Flußwassermenge etwa das 15fache der zugeführten Klärwassermenge ist.

Zu beachten sind bei der Einleitung die Temperatur und die Zusammensetzung des Klärwassers, mit Rücksicht auf etwa in Frage kommende Schädigungen des Fischlebens im Flusse. Anderweit ist zu beachten, daß da, wo unter Benutzung von Chemikalien (besonders Kalk) geklärt wird, das Flußwasser alkalisch und hart wird, da im Klärwasser enthaltener Aetzkalk durch Aufnahme von Kohlensäure aus Wasser und Luft in einfach kohlensauren Kalk übergeführt wird. Sowohl ersterer als auch im Ueberschuß vorhandener Aetzkalk fällt im Flusse als Schlamm aus. Durch ersteren wird das Mikrobenleben des Flusses gefördert.

Ist Uebergabe der Klärwasser an ein offenes Gewässer unthunlich, so bleibt als Mittel, um das geklärte noch fäulnisfähige Wasser vollends zu reinigen, noch die Rieselung. Bei dem Gehalt an organischen gelösten Stoffen ließe sich dabei vielleicht eine wirtschaftlich gute Nutzung erreichen, zumal beschränkte Größe des Rieselfeldes genügt. Durch den Hinzutritt der Rieselung kann eine sehr vollständige Reinigung des Wassers erzielt werden, da die Klärung Keimfreiheit, die Rieselung Befreiung von verunreinigenden Stoffen bewirkt, beide Verfahren sich also ergänzen. Immerhin wird durch den Hinzutritt der Rieselung der Wert der Klärung entsprechend herabgedrückt.

Anderweit hat man die Nachreinigung durch sogen. atmosphärische Oxydation

zu bewirken gesucht und zwar in mehrererlei Weise. Man hat das Wasser an Drahtgittern, oder mittelst Ueberfälle (Kaskaden) in ausgiebige Berührung mit Luft gesetzt, endlich auch dem Wasser größere Luftmengen durch Einblasen zugeführt, und schließlich durch einen Zusatz sauerstoffreicher Körper (übermangansaures Kali, KMnO_4) den gleichen Zweck angestrebt. Ob die erstgenannten Mittel ausreichend wirksam sind, scheint durch die Erfahrung noch nicht sicher erwiesen; jedenfalls wird durch ihre Anwendung die Thätigkeit der Nitrobakterien angeregt. Die Verwendung von KMnO_4 in größerem Maßstabe verbietet sich durch den hohen Preis dieses Körpers.

Zur Verhütung der Abgabe übler Gerüche aus dem geklärten Wasser hat man vereinzelt Zusätze gewisser Chemikalien: Karbolsäure, Chlorkalk u. s. w. gemacht; auch hierbei handelt es sich bisher wohl nur um Versuche, deren Uebertragungsmöglichkeit ins Große fraglich ist.

§ 192. Die Schmutzwasser sollen möglichst rasch nach ihrer Entstehung dem Klärprozeß unterworfen werden. Findet dies erst nach Ablauf einer mehr oder weniger langen Zeit statt, so treten durch die Thätigkeit der in größeren Mengen entwickelten Fäulnisbakterien Umbildungen ein, welche bewirken können, daß sich fäulnisfähige Stoffe der Fällung entziehen, der Reinigungseffekt daher beeinträchtigt wird. Die Erreichung eines gewissen Grades von Gleichmäßigkeit im Reinigungseffekt setzt daher eine gewisse Gleichmäßigkeit im Zufluß der Schmutzwasser voraus. Wo diese fehlt, muß zeitweilige Unterbrechung des Betriebes bezw. Aufsammlung der Schmutzwasser stattfinden, beides Vorgänge, welche ungünstige gesundheitliche Wirkungen und dazu Kostenvermehrungen mit sich bringen. Darnach ersieht sich, daß Klärvorrichtungen da wenig gut am Platze sind, wo Regenwasser in die Kanäle aufgenommen wird, dessen völlig regelloser Hinzutritt erhebliche Störungen in der Ordnung des Betriebes bewirken kann. Aber auch in Rücksicht auf Kostenersparnis werden Kläranlagen nur da einen höheren Grad von Berechtigung haben, wo die Kanalisation nach Trennsystem ausgeführt ist; dies um so mehr, als der Klärungseffekt um so geringer ist, je stärker verdünnt das Schmutzwasser war.

Den Wechseln im Zufluß gesellen sich Wechsel in der Beschaffenheit der Schmutzwasser (S. 163) hinzu, welche die Gleichmäßigkeit des Klärungseffekts ungünstig beeinflussen.

§ 193. Die speziellen Kläreinrichtungen nebst unmittelbarem Zubehör sind schon, um die Ausbreitung von Gerüchen und Dämpfen zu verhindern, dicht bei einander in geschlossenen Räumen unterzubringen. Dies erleichtert Uebersicht und Ordnung des Betriebes und sichert im allgemeinen auch vor Frostgefahr. Immerhin ist bei der Langsamkeit der Bewegung der Wasser durch die Kläranlage diese Gefahr hinsichtlich einzelner Teile nicht ausgeschlossen. Mit derselben ist namentlich dann zu rechnen, wenn die Wasserversorgung der Stadt aus offenen Gewässern erfolgt, deren Temperatur allen Schwankungen der Lufttemperatur folgt. — Für Gegenden mit rauhem Klima und langen Wintern kann aber die vorhandene relative Sicherheit vor Unterbrechungen durch Frost sehr zu Gunsten von Kläreinrichtungen sprechen. — Uebrigens lehrt die Erfahrung, daß Kläranstalten mit guten Betriebseinrichtungen inmitten der Nähe von Wohnstätten, selbst inmitten der Stadt angelegt werden dürfen, ohne daß die Gefahr schlimmer Belästigungen der Umgebung praktisch wird.

Die baulichen Anlagen der Kläranstalten und ihrer Betriebseinrichtungen erfordern nicht unbedeutende Kosten, wenigstens vorläufig, wo einzelne Teile unter Patent-

schutz stehen. Bei der Künstlichkeit der Einrichtung ist aber wohl anzunehmen, daß durch weiter folgende Abänderungen u. s. w. dieser Zustand ein dauernder wird. Ein Moment, welches zu Gunsten von Kläranlagen spricht, kann hierin gewiß nicht gesehen werden. Wenn nicht gerade kleine Anlagen in Frage stehen, kann man als Bau- und Einrichtungskosten, auf je 1000 cbm täglicher Wasserreinigung bezogen, 10000—15000 M. rechnen; bei kleinen Anlagen vermehrt, bei größeren vermindert sich dieser Satz. Es handelt sich in denselben um Beträge, welche in der beständigen Gefahr stehen, durch neue Erfindungen u. s. w. wenigstens zum Teil verloren zu gehen. Dies sowohl als die Unvollkommenheit der Reinigung haften den Kläranstalten in vielen Fällen den Charakter des Unfertigen, bezw. des Vorläufigen oder des Notbehelfes auf, während sie in anderen, besonderen Fällen hiervon allerdings frei sein können. Hierbei ist namentlich an kleinere Städte, einzelne Institute, in denen eine größere Anzahl von Menschen zusammengedrängt wohnt, und Fabriken gedacht. Je größer aber eine Stadt, um so mehr treten die hervorgehobenen gegen teiligen Momente in den Vordergrund, und bei eigentlichen Großstädten kann von Kläranlagen für die Abwasser nicht die Rede sein. Bei solchen setzen Kosten, Schwierigkeiten der Schlamm beseitigung und Mangelhaftigkeit der Reinigung die Klärverfahren in so entschiedenen Nachteil gegenüber der Rieselung, daß von vorn herein ganz Abstand zu nehmen ist, oder Klärung nur als ein vielleicht unvermeidbares Provisorium in Betracht gezogen, bezw. eingeführt werden kann. Doch haben von deutschen Großstädten Frankfurt a. M., Dortmund, Essen Kläreinrichtungen für ihre Abwasser eingerichtet.

§ 194. Das einfachste Klärverfahren ist dasjenige, bei welchem Abscheidung der Schwebestoffe ausschließlich durch Stillstand des Wassers oder bei geringer Bewegung (bis höchstens 3 mm in 1 Sek., S. 86) erfolgt. Der vollständige Stillstand ist wirksamer, weil in den Becken, welche das Schmutzwasser fließend passiert, sich nicht leicht in dem ganzen Querschnitt überall gleiche Geschwindigkeiten herausstellen, vielmehr „tote Ecken“ entstehen und Striche, in denen die Geschwindigkeit größer als die zum Absitzen der Schwebestoffe einzuhaltende ist. Außerdem ist nach einiger Betriebsdauer der untere Beckenteil mit niedergeschlagenen Massen gefüllt und tritt auch in dem Maße als die Höhe der Schlamm schicht wächst, eine Geschwindigkeitsvermehrung bei den durchfließenden Wassern ein. Jedenfalls müssen Absitzbecken, in denen das Wasser nicht stillsteht, bei einer größeren Längenerstreckung, eine ziemlich bedeutende Tiefe erhalten, die nicht weniger als etwa 1,5 m betragen darf.

Bei sehr sorgfältigem Betriebe kann es gelingen, in Absitzbecken die Schwebestoffe bis auf einige Prozent niederzuschlagen. Dieser Erfolg bedeutet aber, wenn auch das abfließende Wasser klar ist, keine eigentliche Reinigung und noch weniger eine Desinfektion, da in dem abfließenden Wasser die gelösten Stoffe noch fast ohne Abzug enthalten sind und eine Verminderung der Keime (durch Niederreißen) nur in geringem Maße stattfindet. Wenn selbst aber auch größere Mengen der Keime ausgeschieden worden sind, so treten an deren Stelle leicht neue, und das Endergebnis kann darum ebensowohl in einer gewissen Verminderung, als auch in einer Vermehrung der Keimzahl bestehen. Gelangt das so geklärte Wasser in Flußläufe, so entsteht für diese einzig der Vorteil, daß sie nicht eine Belastung mit den Schwebestoffen erfahren. Geruchbildung und Fäulnis können eventuell ebenso wie im ungeklärten Wasser auftreten. — Der in den Becken abgesetzte Schlamm ist als Düngemittel geringwertig, da in dem Trockenrückstande desselben, der vielleicht nur 3—5% der nassen (Gewichts-) Menge beträgt (nach Vogel a. a. O.), nur etwa 3% Stickstoff angetroffen werden, nebst etwa halb so viel Phosphorsäure und etwas Kali.

Die Reinigung bloß durch Absitzen wird daher nur in Ausnahmefällen genügen können; dieselbe läuft gesundheitlichen und wirtschaftlichen Rücksichten zuwider, auch schon wegen der besonderen Art und Weise der Schlammabeseitigung. —

In früherer Zeit sind mehrfach Versuche angestellt worden, die Schwebestoffe durch Schleudermaschinen aus den Schmutzwässern zu entfernen; diese Versuche haben jedoch keine befriedigenden Ergebnisse geliefert, weder was den Reinigungseffekt noch was den Kostenpunkt betrifft.

§ 195. Raschere und bessere Wirkungen als mit dem bloßen Absitzen lassen sich dadurch erzielen, daß man Zusätze von Chemikalien zu den Schmutzwässern macht, welche bestimmt sind, entweder nur als Fällmittel zu wirken, oder daneben auch gelöste Stoffe in unlösliche Verbindungen überzuführen, welche dann gleichfalls ausgeschieden werden. Weiter können die Zusätze den Zweck haben, das mikroskopische Leben in den Schmutzwässern zu vernichten und endlich den, dem Fortgange der Fäulnis zu wehren.

Je nachdem der Reinigungszweck oder der Desinfektionszweck in den Vordergrund geschoben wird, ist das Fällmittel zu wählen. Einen weiteren Einfluß dabei übt die etwa erhobene Forderung der landwirtschaftlichen Nutzung der ausgeschiedenen Schmutzstoffe. Man ersieht, daß es sich hierbei um die Lösung einer Aufgabe handelt, die auf einem engen Gebiet der Spezialistik liegt, daß hierbei die Mitwirkung des Technikers hinter diejenige des sachverständigen Chemikers (bezw. des Bakteriologen) zurückzutreten hat. Man ersieht ferner noch, daß je nach dem Standpunkt, von dem aus die Entscheidung gegeben wird, das Urteil über den Wert dieses oder jenes Zusatzes außerordentlich verschieden ausfallen kann. In den erwähnten besonderen Interessen, denen noch solche hinzutreten, welche in Erfinderrechten u. s. w. beruhen, finden die in der Litteratur noch vielfach anzutreffenden Abweichungen in den Ansichten und Widersprüche über Wert und Wirkung des einen oder andern Zusatzes, des einen oder andern Klärverfahrens ihre ausreichende Begründung. Um so mehr muß eine enge und zurückhaltende, die Entscheidung offen lassende Bearbeitung dieses Gegenstandes hier angezeigt erscheinen.

Da es feststeht, daß die mineralisierende Thätigkeit in den Schmutzstoffen von Mikroben ausgeht, würde „grundsätzlich“ am richtigsten so zu verfahren sein, daß aus den Schmutzwässern nur die Schwebestoffe entfernt werden und die Umbildung der gelösten Stoffe der Thätigkeit der Nitrobakterien zugewiesen wird. Die Lebensbedingungen dieser müssen daher möglichst gefördert werden, wozu reichliche Zuführung von Sauerstoff stattzufinden hat.

Diesem von der Natur vorgezeichneten Wege ist das Verfahren der Praxis entgegengesetzt, wenn man als Ziel dasjenige annimmt, welches die Gesundheitspflege hinstellt, da dasselbe zunächst in der Vernichtung der Keime besteht. Diese muß erfolgen, um Sicherheit zu gewinnen, daß auch die etwa in den Schmutzwässern vorhandenen pathogenen Keime vernichtet werden. Nachdem dies erreicht ist, hat die Gesundheitspflege wieder ein Interesse daran, daß (durch neu auftretendes mikroskopisches Leben) die Mineralisierung der im Wasser etwa noch vorhandenen organischen Stoffe möglichst rasch erfolge, um Weitergehen oder Wiedereintreten von Fäulnis zu steuern.

Der bei großen Massen zur Desinfektion einzig anwendbare, einzig Sicherheit für Vernichtung der Mikroben verbürgende Zusatz ist Aetzkalk, leider ein Zusatz, der sowohl durch seine Menge die Schwierigkeiten der Schlammabeseitigung vergrößert, als den Düngerwert des Schlammes mehr oder weniger erheblich herab-

setzt. Bei diesem Mittel tritt daher die Gegensätzlichkeit der gesundheitlichen und landwirtschaftlichen Interessen sehr deutlich in die Erscheinung.

§ 196. Allgemeine Anforderungen an jedes als Zusatz zu verwendende Klärmittel sind: daß dasselbe sich leicht und innig mit dem Schmutzwasser mische; daß die Menge des Zusatzes nicht so bedeutend sei, um eine beträchtliche Vermehrung der Schlammmenge zu bewirken; daß das Mittel nicht lösend auf Schwebstoffe wirke, weil damit die Schwierigkeiten der Reinigung nur vermehrt werden; daß der Zusatz den Düngerwert des Schlammes nicht selbst noch vermindere, oder nicht Verbindungen eingehe, welche die Beschaffenheit des geklärten Wassers in gesundheitlichem Sinne oder mit Rücksicht auf die Nutzung des Schlammes nachteilig beeinflussen; daß der Modus der Zuführung „handlich“ und wenig kostspielig sei. Eine nicht unwichtige Nebenanforderung ist noch die, daß das Klärmittel die „Struktur“ des Schlammes nicht derartig verändere, daß für das Trocknen, Pressen u. s. w. desselben Schwierigkeiten entstehen. Endlich: die Wirkung des Zusatzes muß sich rasch einstellen, und der dabei erreichte Reinheitszustand des geklärten Wassers von einiger Dauer sein.

Ueber den Einfluß des Zusatzes auf die Preßfähigkeit des Schlammes in Halle angestellte Versuche lieferten folgende Ergebnisse: Der bei der Klärung ohne Zusatz von Fällmitteln erzielte Schlamm war nicht preßfähig. — Klärung mit Kalk allein ergab einen Schlamm, der erst preßfähig war, nachdem man den Kalkzusatz auf das Doppelte des normalen gebracht hatte. — Bei Klärung mit schwefelsaurer Thonerde allein ward auch bei einem noch so hohen Zusatz kein preßfähiger Schlamm erzielt. — Torfmullzusatz lieferte ebenfalls keinen preßfähigen Schlamm; dabei ergab sich eine große Verschmutzung der ganzen Anstalt.

Indem bisher kein Körper bekannt ist, der allen oben vorgeführten Anforderungen gleichzeitig entspricht, bleibt ein anderes nicht übrig, als mehrere solcher neben- oder nacheinander zu verwenden. In Bezug auf die Notwendigkeit oder Zweckmäßigkeit des Neben- oder Nacheinander herrscht bisher keine vollständige Uebereinstimmung der Ansichten. Da hierfür die besondere Beschaffenheit der Abwasser und die engere Umgrenzung des Reinigungszweckes bestimmend sind, so kann im Einzelfalle die Entscheidung nur von einem sachverständigen Chemiker getroffen werden. Als Regel kann es aber gelten, daß es im allgemeinen vorzuziehen ist, eine geringe Menge von Schwebstoffen im Wasser zu belassen, als durch die sonst erforderliche Vermehrung der Zusätze die Schlammmenge oder auch die gelösten Stoffe wesentlich zu vermehren.

In Bezug auf das Vorstehende folgendes als Beispiel: Der wesentlichste Teil in der Ausfällung von Schwebstoffen erfolgt durch die mechanische Wirksamkeit der Schwerkraft (vergl. § 184). Der Vorgang wird durch einen Zusatz von Aetzkalk nur unterstützt. Indessen führt Kalk auch gewisse Mengen der Schwebstoffe in lösliche Form über und vergrößert dadurch den Reichtum des geklärten Wassers an gelösten organischen Stoffen. Die Schlammmenge wird etwa um die zugesetzte Kalkmenge vermehrt; durch den Kalk kann Austreibung von Ammoniak erfolgen und wird der Düngerwert des Schlammes vermindert. Der Hauptwert des Kalkzusatzes besteht in der Mikrobenvernichtung. Das geklärte Wasser bleibt auch steril, solange als freier Aetzkalk im Wasser vorhanden ist. Sobald jedoch durch Wiederaufnahme von Kohlensäure aus Wasser und Luft Ueberführung des Aetzkalkes in einfach kohlensaurem Kalk erfolgt ist, tritt in dem alkalisch reagierenden und stickstoffhaltigen geklärten Wasser ein reiches Mikrobenleben von neuem auf, und entstehen auch Fäulnisgerüche. Auf Grund dieser Thatfachen ist von Lepsius u. a. der Vorschlag gemacht, den Kalkzusatz nicht von vornherein zu machen,

sondern erst nachträglich, in dem Augenblicke, wo das Wasser die Kläranstalt verläßt. Dies Verfahren dürfte in dem Falle richtig sein, daß das geklärte Wasser einem kleinen Flusse übergeben wird, in welchem nur eine unzureichende, den Wiedereintritt von Fäulnis nicht verhindernde Verdünnung stattfindet. Genügt die Flußwassermenge hierzu, so mag man den Kalkzusatz auch in einem anderen Stadium des Klärvorganges machen. In der That wird derselbe gewöhnlich an den Anfang des Prozesses gesetzt, indem man entweder zuerst den Kalk hinzufügt, und dann noch den einen oder andern Zusatz folgen läßt, oder indem man den Kalk nebst andern Stoffen dem Schmutzwasser gleichzeitig zuführt. In dem ersten Falle ist an eine vorbereitende förderliche Wirksamkeit des Kalks gedacht, in dem andern unterstellt, daß die vereinte Wirksamkeit beider Fällmittel die größere sei. Ist der Fluß klein, so kann man Kalk sowohl am Anfang des Prozesses als auch beim Austritt des Wassers aus der Kläranstalt zusetzen. Die Rücksicht auf den Kostenpunkt spielt dabei keine große Rolle, indem der Kalk wieder gewinnbar ist (vergl. weiterhin).

Zu der Gegensätzlichkeit der vorstehend dargelegten Auffassungen muß auf die zur Erklärung in gewissem Maße beitragende Thatsache aufmerksam gemacht werden, daß der Kalk zur Entwicklung seiner vollen Wirksamkeit einer gewissen Zeit bedarf, auch eine gewisse Aequivalenz zwischen der Kalkmenge und der Dauer seiner Einwirkung besteht. Es kann derselbe Wirkungsgrad erzielt werden, einmal, indem man größere Mengen Kalk zufügt und die Einwirkungsdauer abkürzt, und ein andermal, indem man die Kalkmenge verringert, aber die Wirkungsdauer ausdehnt.

§ 197. Unter den Fällmitteln ist Aetzkalk das bisher weitaus am häufigsten und wohl auch am frühesten angewendete. Die bekannt gewordene erste Anwendung davon hat im Jahre 1866 Süvern gemacht, anscheinend für die Reinigung der stark fäulnisfähigen Abwasser von Zuckerfabriken. Süvern benutzte Kalk zusammen mit Chlormagnesium und Steinkohlenteer. Das Mittel ist noch heute, wenn auch vielleicht mit Hinzufügung noch andrer Stoffe und etwas veränderter Zusammensetzung, in Gebrauch. Ein Desinfektionsmittel im strengen Sinne ist es nicht; die Schmutzwasser werden nur in mäßigem Grade gereinigt und das Klärwasser bleibt fäulnisfähig.

Die chemische Wirkung des Aetzkalks beruht (nach Vogel a. a. O.) in erster Linie darauf, „daß derselbe mit der Phosphorsäure, sowohl der freien, wie der an Alkalien gebundenen Kohlensäure der Schmutzwasser phosphorsauren, bzw. (einfach) kohlsauren Kalk bildet. Auch der in dem Schmutzwasser vorhandene — saure — kohlsaure Kalk verbindet sich mit einem Teil des Aetzkalks in der Weise, daß ebenfalls unlöslicher (einfach) kohlsaurer Kalk entsteht. Die genannten Verbindungen sind unlöslich, sinken und reißen dabei die Schwebestoffe des Schmutzwassers mit zu Boden. Außerdem wird durch Bildung von Schwefelcalcium Schwefelwasserstoff entfernt und dadurch zur Geruchlosigkeit beigetragen. Die Menge des Aetzkalks muß aber bedeutend sein, wenn der gesamte Schwefelwasserstoff entfernt werden soll.

Hinsichtlich des sonstigen Verhaltens und der Wirkungen des Aetzkalks wird auf vorhergehende Angaben verwiesen; doch sind folgende, vom rein chemischen Standpunkte ausgehende sehr ungünstig lautende Beurteilungen des „Kalkverfahrens“ hinzuzufügen:

Von Vogel: Zu den in chemischer Hinsicht „unbrauchbaren“ Verfahren gehören in erster Reihe alle diejenigen, bei welchen Aetzkalk für sich allein, oder zusammen mit andern Metall-

verbindungen als hauptsächlichstes Fällmittel dient, trotzdem gerade diese Verfahren es sind, welche dem Laien auf dem chemischen Gebiet „wegen der raschen und vorzüglichen Ausfällung der Sink- und Schwebestoffe“ als die besten erscheinen, ein Umstand, der zur Verbreitung gerade dieser Verfahren nicht wenig beigetragen hat. Denn die Städte sind in der Regel zufrieden, wenn mit Hilfe eines möglichst billigen Verfahrens durch eine äußerliche Reinigung der Schmutzwasser ein Scheinerfolg geschaffen wird, welcher ihnen die Erlaubnis zur Einleitung des so gereinigten Wassers in die Flußläufe verschafft. Für sie ist die Klärung weiter nichts, als das Opfer, welches sie für die Erlaubnis zur Einleitung zu bringen haben. Glücklicherweise (?) rächt sich aber die Einrichtung einer derartig unvollkommenen Kläranlage sehr bald dadurch von selbst, daß sie zugleich einen wenig brauchbaren Dünger liefert, für den dann die Städte oft nur mit den größten Schwierigkeiten und Geldverlusten Absatz finden.

Hat Vogel bei letzterer Äußerung mangelhafte Kläranlagen überhaupt im Auge, so verstärkt er seine sehr ungünstige Auslassung speziell über das Kalkverfahren durch Hinzufügung des folgenden Urteils des englischen Chemikers Charles A. Burghardt:

„Viele Jahre hindurch wandte man (in England) zur Klärung der Abwässer das Kalkverfahren an und war mit den Ergebnissen dieser Reinigung vollauf zufrieden. Die Zufriedenheit hatte jedoch in erster Reihe ihren Grund darin, daß über den wahren Wert des Verfahrens völlige Unkenntnis herrschte. Man glaubte, daß die mit Kalk geklärten Abwässer nicht nur eine ‚klare‘, sondern auch eine ‚reine‘ Flüssigkeit darstellen. Dazu kam die geringe Kostspieligkeit.

Durch chemische Untersuchungen ist während der letzten 10 Jahre auf das unzweifelhafteste festgestellt, daß eine alkalische Flüssigkeit, in welcher die Ursache der Alkalinität der großen Menge von freiem Aetzkalk zuzuschreiben ist, mehr der Zersetzung unterworfen und folglich schädlicher wirkt, als eine neutrale oder saure Flüssigkeit. Durch den Aetzkalk werden die (alle?) fäulnisfähigen festen organischen Bestandteile der Spüljauche zersetzt und sodann in gelöstem Zustande weiter mit derselben fortgeführt. Das nach der Kalkbehandlung abfließende Wasser enthält demgemäß eine große Menge teilweise bereits zersetzter organischer Bestandteile, welche hauptsächlich von menschlichen Absonderungen, die bereits stark in Fäulnis übergegangen waren, herrühren. So werden namentlich die eiweißhaltigen Bestandteile der Schmutzwasser durch die Kalkbehandlung in einen Zustand übergeführt, in welchem sie leichter zersetzbar und somit gefährlicher sind. Das mit Kalk behandelte und dadurch angeblich gereinigte Abwasser ist deshalb in Wirklichkeit bedenklicher als das vorher in ungereinigtem rohen Zustande befindliche (allgemein?). Diese Sachlage wird im wesentlichen durchaus nicht dadurch geändert, daß das mit Kalk geklärte Abwasser später durch Boden, oder ein sonstiges, auf das beste hergestellte Filter nachgereinigt wird (?). Es ist dieser Umstand der Thatsache zuzuschreiben, daß der Boden oder das sonstige Filter in ganz kurzer Zeit durch die Ablagerung der oben erwähnten im gelösten Zustande befindlichen schleimigen, zähen, gummiartigen Bestandteile angefüllt, also verstopft und dadurch unbrauchbar gemacht wird. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich über das Kalkklärverfahren mit oder ohne nachfolgende Filterung das Urteil anderer Chemiker in dem Sinne bestätigen, daß dies Verfahren, insoweit die Reinigung der Abwässer dabei in Betracht kommt, nichts weiter als eine Täuschung in sich schließt, und sollte es nicht länger gestattet werden, daß derartig behandelte Abwässer in Flußläufe, in deren Nähe sich menschliche Wohnorte befinden, eingeleitet werden. Solche Einleitung ist vollkommen widersinnig!...“

Auch König kommt in seiner Preisschrift (Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1882) zu einem ungünstigen Urteil über das Kalkverfahren, und von manchen andern Seiten sind demselben ähnliche Vorwürfe wie oben gemacht worden. Es fehlt auch nicht an Fällen, wo dasselbe geradezu versagt hat (z. B. in Burnley, vergl. Röchling, a. a. O.). Auf der andern Seite wird aber dem Kalkverfahren wegen seiner Desinfektionswirkung von Hygienikern das Wort geredet, und man darf sagen, daß es in dieser Hinsicht bisher das einzige im großen Maßstabe ausführbare Mittel bildet. Ein Vorzug von gewissem Wert besteht auch darin, daß der Kalkzusatz die Preßbarkeit des Schlammes befördert, während andre Zusätze mehr ein Auseinanderfallen der Schlammteilchen bewirken, oder doch zur Herstellung eines gewissen Zusammenhangs unter denselben nichts beitragen. Wird nun noch hinzugenommen, daß vollkommen genügende, mit erschwingbaren Mitteln durchführbare Reinigungsverfahren bisher nicht bekannt sind, oder doch

nicht hinreichend erprobt erscheinen, ferner daß die Gesundheitspolizei, außer stande mehr zu verlangen, als was die Praxis im Augenblick thatsächlich zu leisten vermag, sich mit den Erfolgen des Kalkverfahrens wohl oder übel zufriedengestellt erklären muß, endlich daß der Beweis vielfach erbracht ist, daß mit diesem Verfahren dem Weitergehen der Fäulnis vorübergehend — und für nicht gerade kurze Dauer — Einhalt gethan werden kann, so ersieht es sich, daß für so generelle und auch einseitige Be- und Verurteilungen des Kalkverfahrens, wie sie oben mitgeteilt sind, die ausreichende Begründung fehlt, wenngleich es dem Verfasser fern liegt, damit die „grundsätzliche“ Berechtigung der Urteile und deren Begründung in Zweifel zu ziehen. Aber solange die Chemie nicht mit der Auffindung anderer zuverlässiger, mehr leistender und nicht erheblich mehr kostender Mittel zur Schmutzwasserreinigung zu dienen vermag, solange wird es den Städten in der ganzen oder halben Notlage, in der sie sich befinden, nicht verübelt werden können, wenn sie weiter zu einem Mittel greifen, das nicht frei von Anfechtungen ist, das aber den Anforderungen, welche an die Städte von oben und von unten aus gestellt werden, im notwendigen Umfange — freilich um nichts darüber hinaus — genügt. Und dies leistet wenigstens bis auf weiteres das Kalkverfahren.

§ 198. Die anzuwendenden Mengen von Kalk hängen zum Teil von der Dauer der Einwirkung, teils von dem Maß der Wirkung, welches erreicht werden soll, ab. Man hat in der Bemessung also eine gewisse Freiheit: entweder einen großen Apparat (Becken, Türme, Brunnen) und weniger Kalkzusatz oder einen kleinen Apparat und höheren Kalkzusatz. Häufig wird ein Kalkzusatz, der sich um 0,33 kg auf 1 cbm Abwasser bewegt, gegeben, doch öfter auch erheblich weniger und erheblich mehr. Der Zusatz geht zuweilen bis auf etwa die Hälfte des angegebenen Satzes herunter, wie er zuweilen auch bis fast auf das Doppelte hinauf geht. Im ersteren Falle erfolgen aber gewöhnlich noch Zusätze anderer Art, auf welche erst weiterhin einzugehen sein wird.

Geht der Zweck auf vollständige Desinfektion (Keimfreiheit) des Schmutzwassers, so muß der Kalkzusatz erheblich höher als angegeben ist, sein. Wichtig für die Verbrauchsmenge ist, daß der Kalk (Kalkmilch) frisch sei und nicht ungelöste Bestandteile enthalte. So lange die Lösung milchartig-dickflüssig ist, ist noch ein hoher Anteil Kalk im ungelösten Zustande vorhanden. Es würde vorteilhaft sein, denjenigen Teil, der sich im Laufe einer gewissen Zeitdauer nicht löst, ausfallen zu lassen und abzusondern. Von gleichfalls großer Bedeutung für den Erfolg ist innige Mischung des Kalkhydrats mit den Schmutzwässern; diese muß durch geeignete mechanische Vorrichtungen bewirkt werden. Proskauer bestimmte die zur vollständigen Desinfektion der sehr stark verunreinigten Potsdamer Schmutzwasser (Analyse S. 165) erforderliche Dosis Aetzkalk zu 2,4 kg auf 1 cbm Wasser; auch dabei mußte die Dauer der Einwirkung noch 24 Stunden betragen. Bei dem kurzen Durchgang durch die Klärtürme, wie er gewöhnlich stattfindet, mußten reichlich 3 kg Kalk zugesetzt werden. Der Zusatz solcher Mengen erscheint praktisch undurchführbar, ebenso die Verlängerung der Wirkungsdauer bei Durchgang durch Klärtürme oder Brunnen (etwa 1 Stunde) auf 24 Stunden. — Nach Versuchen von Pfuhl (Zeitschrift für Hygiene, Bd. 12 und danach in Hygienische Rundschau 1893) werden Typhus- und Cholerabazillen in Kanalwässern vernichtet, wenn entweder 1 kg Kalk 1½ Stunden lang, oder 1,5 kg 1 Stunde lang darauf einwirken; doch ist dabei fortwährendes Umrühren der Mischung vorausgesetzt. Bei Versuchen mit Berliner Kanalwasser erzielte Pfuhl vollständige Desinfektion mit 2 kg Kalk auf 1 cbm Wasser in der Dauer von 1 Stunde. Nach Liborius genügen 0,9 kg Kalk, um in 6stündiger Dauer die

überwiegende Mehrzahl der Keime zu vernichten. Anderweit wird etwa 1 kg bei 2—3stündiger Dauer der Einwirkung als notwendig erklärt. Sollen 1—1½ Stunden genügen, so wird man hiernach etwa 1,5 kg auf 1 cbm Wasser zuzusetzen haben. Wasser, die bereits einen wirksamen Klärungsprozeß durchgemacht haben, können mit dem Zusatz von 0,5 kg Kalk in ½stündiger Dauer völlig keimfrei gemacht werden.

Derartig große Zusätze in gewöhnlichen Zeitläuften zu machen, liegt aber kein Grund vor; sie werden nur in Zeiten von Epidemien, also ausnahmsweise anzuwenden sein. Man würde durch dieselben außer hohen Kosten, Schädigung der ausgefallten Schlammmassen und — was erheblich schlimmer — Schädigung des Flußwassers bis zur Unbrauchbarkeit und zur Vernichtung des Fischlebens bewirken.

Sowohl wenn man mit normalen als übernormalen Kalkmengen klärt, erscheint es möglich, den größeren Teil des Kalks wieder zu gewinnen, vermöge der Eigenschaft des Aetzkalks sich mit Kohlensäure zu einfach kohlensaurem Kalk zu verbinden. Der Mittel, dem Wasser nach Passierung durch den Klärapparat rasch Kohlensäure in größeren Mengen zuzuführen, sind mehrere denkbar; doch handelt es sich dabei wesentlich um den Kostenpunkt.

Bruch will dies so bewirken, daß er das Wasser durch ein Kokefilter leitet, welches mit feiner Verteilung des Wassers durchflossen wird und durch das gleichzeitig die Rauchgase einer größeren Feuerung geführt werden. Das Verfahren ist aber im großen bisher nicht erprobt.

Kommt es nicht auf rasche Ausscheidung des Kalkes an, so kann man die Kohlensäureaufnahme auch durch bloßes Belüften des Wassers in Becken von geringer Tiefe bewirken.

Auch der mit den Schwebestoffen des Schmutzwassers abgesetzte Kalk braucht nicht verloren gegeben zu werden. Prefst man den Schlamm und brennt ihn, so wird der Aetzkalk wieder erhalten, da die beigemischten organischen Stoffe verbrannt werden und nur die mineralischen zurückbleiben. Während aber der aus dem geklärten Wasser wieder gewonnene Kalk vielleicht rein genug ist, um zu einer abermaligen Benutzung als Klärmittel geeignet zu sein, erscheint dies bei dem aus dem Schlamm gewonnenen kaum möglich; für diesen ist daher nur eine Verwendung als — minderwertiges — Mörtelmaterial in Aussicht zu nehmen.

Ein anderes Mittel, um den Kalk aus dem Klärwasser zu entfernen, wäre ein Zusatz von Schwefelsäure. Es wird alsdann schwefelsaurer Kalk (Gips) niedergeschlagen, welcher zu entfernen wäre, aber wohl wertlos ist. Und ob mit Rücksicht auf den Wasserlauf die Zuführung von Schwefelsäure erlaubt ist, hängt durchaus von den örtlichen Verhältnissen ab.

§ 199. Teils um die fallende Wirkung des Kalks zu unterstützen, teils mit der Absicht gelöste Stoffe, auf welche der Kalk einflußlos ist, noch in unlösliche Verbindungen überzuführen, setzt man den Schmutzwässern neben Kalk noch andre Stoffe zu. Die am häufigsten gebrauchten sind Aluminiumsulfat (schwefelsaure Thonerde) und Eisensalze. Diese Zusätze geben flockige, stark fallende Niederschläge bei geringen Verbrauchsmengen, sind aber teuer in der Beschaffung.

Gewöhnlich beträgt der Zusatz an schwefelsaurer Thonerde erheblich weniger als die Kalkmenge; doch kommt auch das umgekehrte Verhältnis vor. In Frankfurt a. M. wird beispielsweise der Zusatz von schwefelsaurer Thonerde zu etwa dem Vierfachen des Kalkzusatzes bemessen. Auf 1 cbm Schmutzwasser setzt man durchschnittlich 0,17 kg schwefelsaure Thonerde — mit 14% reiner Thonerde — und 0,04 kg Aetzkalk zu. Die schwefelsaure Thonerde — mit einem Kieselsäureanteil — wirkt besonders auf die Phosphorsäure in den Abwässern.

Durch die Schwefelsäure wird das Ammoniak gebunden. Ein besonderer Vorzug der schwefelsauren Thonerde wird oft darin gesehen, daß dieselbe entfärbend auf das geklärte Wasser wirkt. Das in dem Klärverfahren von Röckner-Rothe neben Kalk angewendete „Präparat“ ist schwefelsaure Thonerde.

Der Zusatz von Eisensalzen ist „empfindlicher“ zu behandeln als derjenige von schwefelsaurer Thonerde, weil derselbe neben günstigen auch ungünstige Wirkungen zeitigen kann. Im Ueberschuß zugesetzt kann er den Düngerwert des Schlammes erheblich vermindern; er färbt auch den Niederschlag. In dem Falle, daß das geklärte Wasser nachträglich künstlich mit Sauerstoff angereichert werden soll, ist es notwendig, daß das Eisen vorher vollständig ausgefällt sei, weil noch vorhandenes Eisen bei seiner großen Affinität zum Sauerstoff diesen rasch an sich reißen würde. Eisen bildet mit einer Anzahl anderer Stoffe unlösliche Verbindungen, z. B. mit Ammoniak und Schwefelwasserstoff. In gewissen Formen — als Ferrihydrat — besitzt Eisen die wertvolle Eigenschaft, in immer wiederkehrender Folge Luftsauerstoff aufzunehmen und denselben andererseits an sauerstoffarme Körper — wie die Faulstoffe der Schmutzwasser — wieder abzugeben. Als bloßes Fällmittel wirkt Eisen bei seiner großen Schwere zwar energisch, doch nicht absolut sicher, indem die durch Eisen ausgefällten Stoffe sich nicht leicht absetzen, oder wenn dies erfolgt, durch aufsteigende Gasblasen wieder an die Oberfläche gefördert werden können. Eisensalze allein sind daher als Fällmaterial nicht anwendbar. Eine Kehrseite derselben bildet ferner die Kostspieligkeit; es kann aber Fälle geben, wo dasselbe als Abfallstoff der Schwefelsäurefabrikation vorhanden, und dann in großen Massen verwendbar ist. Ein derartiges Beispiel ist mitgeteilt in Hygienische Rundschau 1894. Es handelt sich dort um die Reinigung der Abwässer der Industriezentren Roubaix und Tourcoing, welche sehr stark verunreinigt und besonders reich an Fett, daneben auch an stickstoffhaltigen Bestandteilen sind; dort wird die Reinigung ausschließlich durch Zusatz von Eisensulfat bewirkt.

Das Klärmittel von Müller-Nahnsen, neben welchem Kalk zur Anwendung kommt, besteht — wechselnd — aus schwefelsaurer Thonerde und löslicher Thonerde allein, oder noch mit einem Zusatz von Thomasschlacke. Nach einer vorliegenden Analyse sind in demselben vorhanden: Thonerde (Aluminiumoxyd) 12 %, Schwefelsäure 25 %, Kieselsäurehydrat 40 %, Eisenoxyd, Alkalien, Erden, Kristallwasser, zusammen 23 %; das Präparat wird in der Menge von etwa $\frac{1}{5}$ der Kalkmenge benutzt.

In dem Abwasserreinigungsmittel von Friedrich & Co. sind in wechselnden Mengen neben Kalk folgende Stoffe enthalten: Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Karbolsäure.

Das Müller-Schürsche Reinigungsmittel besteht aus Kalk, Karbolsäure, Holzkohle, Torfmüll oder Sägespänen.

Hulwa reinigt Abwässer mittelst Eisen-, Mangan-, Thonerde- und Magnesia-salzen, die mit Zellfasern, Torf oder Braunkohle zu einer „Masse“ vereinigt werden, welche als Fällmittel wirkt; vor oder nach dem Zusatz der Masse erfolgt ein Zusatz von Kalk oder Magnesia. Entweder wird die Reinigung nach der Fällung als beendet betrachtet, oder es folgt noch eine Nachbehandlung mittelst Rieslung, oder auch in der Weise, daß das geklärte Wasser mit Kohlensäure und geringen Mengen schwefliger Säure — beide in Rauchgasen von Steinkohlenfeuerungen enthalten — gesättigt wird. Der ausgefällte Schlamm soll wiederholt als „Masse“ benutzbar sein; sein Düngerwert ist gering; Infektionskeime werden bei dem Verfahren aber sicher vernichtet. Das Hulwasche Verfahren hat für die Reinigung der Abwässer ganzer Städte bisher noch keine Verwendung gefunden, ist dagegen in einzelnen Instituten, Krankenhäusern, sowie in Zuckerfabriken vielfach eingeführt.

In dem in England früher anscheinend öfter, neuerdings wohl weniger oft angewendeten ABC-Prozeß (Sillars Prozeß), besteht das Fällmittel zum Teil aus Alaun, Blut und Kohle, von welchen drei Stoffen dasselbe seinen Namen erhalten hat. Der Menge nach bildet den Hauptbestandteil Thon (Clay), in ungebranntem und gebranntem Zustande; daneben werden noch Magnesium und Eisensalze, Soda und mehrere andre Stoffe benutzt. Die genaue Zusammensetzung wird als Geheimnis bewahrt, ist aber wechselnd. Die Angaben über die Wirksamkeit des ABC-Prozesses lauten sehr verschieden, aber oft ungünstig.

In der neueren Zeit ist in England das Ferrozone-Polarite-Verfahren in Aufnahme gekommen, über welches mehrere günstige Beurteilungen vorliegen. (Arthur Bower, *The Treatment of Sewage by Polarite*; Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engineers, 1893/94 und Vogel, a. a. O.) Das Ferrozon ist das Fällmittel; doch bezeichnet der Name sehr verschiedene Mischungen von Körpern. Vogel giebt an, daß dasselbe in einem Falle bloß aus schwefelsaurer Thonerde, in andern Fällen zu etwa 60 % aus diesem Stoff und zu 40 % aus Eisenoxyd bestand, und daß der Zusatz in der Menge von 1 kg auf 5—10 cbm Wasser angewendet wird. Bower giebt vom Ferrozon folgende Analyse:

Wasser	20,00 %
Wasserfreies Eisensulfat	21,17 „
Wasserfreies Aluminiumsulfat	22,20 „
Kohle	7,16 „
Im Wasser unlösliche Teile	12,70 „
Kristallwasser, und andre nicht bestimmte Stoffe	16,77 „

Die gewöhnliche Menge des Zusatzes dieser Mischung sei 0,085—0,115 kg auf 1 cbm Schmutzwasser.

Die Fällung erfolgt in Becken bei etwa 4stündigem Stillstand des Wassers. Alsdann fließt das geklärte Wasser in dünner oberer Schicht auf ein Filter ab, das im unteren Teil wie ein gewöhnliches Reinwasserfilter gebildet ist, im oberen aus einer Schicht Polarit von 30 cm Stärke, die von einer etwa ebenso starken Schicht aus sehr scharfem Sand überdeckt wird. Polarit ist im wesentlichen Eisenoxyd, im Englischen Magnetic Oxide of Iron genannt, von schwammartiger Struktur. 1 cbm wiegt 1250—1300 kg. Es besteht (nach der englischen Quelle) aus:

Eisenoxyden	53,85 %
Silicium	25,50 „
Kalk	2,01 „
Schwefelsaurer Thonerde	5,68 „
Magnesia	7,55 „
Kohlenstoffverbindungen und Feuchtigkeit	5,41 „

Die Filter, welche in 24 Stunden auf 1 qm 3—4,5 cbm Wasser liefern, also kaum mehr als scharf betriebene Reinwasserfilter, bedürfen etwa alle 4 Wochen der Reinigung, welche, wie bei letzteren, durch einfaches Abkehren der Schmutzschicht bewirkt wird; alsdann läßt man die Filter 8 Tage hindurch unbenutzt stehen, um von neuem Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen. Bei dieser Betriebsweise halten die Filter viele Jahre aus.

Nach Analysen von Vogel wurden aus den Schmutzwässern durch das Klären etwa 81 % und durch das Filtern noch etwa 8 % Stickstoff entfernt, zusammen 89 %, ein Ergebnis, das gegenüber kaum mehr als 30 %, die bei den in Deutschland üblichen Klärmethoden entfernt werden, von Vogel als ein „glänzender“ Erfolg bezeichnet wird.

Bower teilt u. a. folgende, an Wassern aus der Kläranstalt in Acton ausgeführte Analyse mit (Milligramm in 1 l):

	Ungereinigtes Wasser	Gereinigtes Wasser
Verdampfungsrückstand	3610	760
Davon:		
Schwebestoffe { mineralisch	190	0
{ organisch	116	0
Gelöste Stoffe { mineralisch	35	49
{ organisch	20	27
Chlor	5	6
Freies Ammoniak	25,50	2,40*)
Gebundenes Ammoniak	7,00	0,35*)
Verbrauch von KMnO_4 in 15 Minuten . .	50,6	1,58
Verbrauch von KMnO_4 in 3 Stunden . .	10,09	9,48

Nach Vogel ist die Menge des bei dem Ferrozon-Polarit-Verfahren erfolgenden Schlammes „weit geringer“ als bei den mit Kalk arbeitenden Verfahren, und der Schlamm viel wertvoller. Zahlenmäßig beträgt der Wert von 100 kg 1,94 M. gegenüber 0,8—1,0 M. für den bei dem Kalkverfahren erfolgenden Schlamm. Immerhin ist auch bei jenem Preise noch kein Transport auf weite Entfernungen lohnend. Bower giebt für das Verhältnis der Schlammengen, die bei dem Kalk- und dem Ferrozon-Polarit-Verfahren erfolgen, zu $\frac{1}{2,46}$ rund 0,4 an.

Ueber die Leistung des neuen Verfahrens, was die Vernichtung von Mikroben betrifft, sind in den benutzten Quellen Angaben nicht enthalten. Soviel bekannt geworden, steht das Verfahren in folgenden englischen Städten in Uebung, in ein paar bereits seit 1886: Acton (30 000 Einw.), Hendon (16 000 Einw.), Huddersfield (96 000 Einw.), Royton (13 500 Einw.), Southampton (13 000 Einw.) und Swinton (16 000 Einw.).

Von Hempel ist das sogen. Blausteinverfahren angegeben, welches mit gleichartigen Stoffen wie in dem Ferrozon-Polarit-Verfahren arbeitet. Der Blaustein soll, wenn er auch von etwas anderer Struktur ist, aus ganz ähnlichen Rohstoffen hergestellt sein wie Polarit. Ausführungen liegen bisher nicht vor.

Allem Anschein nach sind Polarit und Blaustein ähnliche Körper wie der als Bischoff'scher Eisenschwamm in der Reinwasserfiltration zuweilen benutzte. Der Eisenschwamm wird aus Hämatit in einem besonderen Verhüttungsprozeß erzeugt.

In der allerneuesten Zeit ist von Degener ein Reinigungsverfahren angegeben worden, für dessen Einführung an einigen Orten Vorbereitungen getroffen werden (z. B. in Potsdam). Degener benutzt Eisensalze in der Menge von etwa 0,12 kg auf 1 cbm Schmutzwasser. Um den Niederschlag der durch den Eisensalzen ausgefällten Stoffe sicher zu erreichen, soll dem Wasser ein Brei aus humushaltigen Stoffen: Braunkohle oder schwarzem (schwerem) Torf, zugesetzt werden, in der Menge von 10—20 l auf 1 cbm Schmutzwasser. Die Ausfällung der Schwebestoffe erfolgt sehr rasch und wirksam und man erhält ein klares, aber nicht geruchfreies Wasser. Keimfreiheit soll durch Kalkung des bereits geklärten Wassers erzielt werden. Eine

*) Nach einer von Vogel gemachten Notiz sind die bei den englischen Analytikern gebräuchlichen Angaben über die Ammoniakmengen nicht als absolute Zahlen verwendbar; sie gestatten keinen Schluß weder auf die Stickstoffmenge, welche in den untersuchten Wassern enthalten ist, noch auch nur auf die Ammoniakmenge. Solche Zahlen könnten nur als Vergleichszahlen Interesse in Anspruch nehmen.

Kehrseite der als Humusverfahren oder Kohlenbreiverfahren bezeichneten Klärung ist die große Vermehrung der Schlammmenge, welche dabei eintritt. Im übrigen wird die Beurteilung von dem Ergebnis der noch erst bei Anwendung „im großen“ zu machenden Erfahrungen abhängen. Dazu hat der Schlamm (nach Angaben von Vogel) nur einen außergewöhnlich niedrigen Stickstoffgehalt, ist daher als Düngemittel besonders minderwertig und mithin noch mehr als sonstwie gewonnener Schlamm geeignet, zur „Plage“ der betreffenden Stadt zu werden.

Außer den im vorstehenden direkt genannten, oder in beiläufiger Weise zur Erwähnung gekommenen Klärmittel ist noch eine ganze Reihe anderer versucht worden. Dahin gehören z. B. Chloride von Magnesium, Calcium, Zink, Kupfer u. s. w. Einzig das Magnesium scheint einen etwas größeren Wert zu besitzen, indem es nicht nur klärend wirkt, sondern auch Fäulnis der geklärten Wasser für längere Zeit verhütet als Aetzkalk.

Ein weiteres Eingehen auf die zuletzt genannten und anderweite, nicht genannte Stoffe ist hier um so mehr ausgeschlossen, als ausreichende Erfahrungen über Bewährung u. s. w. bisher nicht bekannt geworden sind.

§ 200. Schon aus der Vielheit der bisher angewendeten Mittel, die sich auf Dutzende belaufen, ist, im Zusammenhalt mit den unzureichenden Erfolgen der Klärverfahren, erkennbar, daß bei dieser Art der Schmutzwasserreinigung trotz etwa 30jähriger Anwendung das Stadium des Experimentierens noch nicht überwunden, noch kein Zustand erreicht ist, von dem aus mit dem Gefühl der Sicherheit an die Lösung der Aufgabe in einem bestimmten Falle herangetreten werden kann. Es liegt hierin ein Moment, welches besonders große Vorsicht bei bezüglichen Entschlüssen der Städte notwendig macht. Denn es kann nicht nur der Erfolg mehr oder weniger weit hinter den Erwartungen zurückbleiben, sondern es können auch durch neue Erfahrungen oder Entdeckungen, an die bei dem stetigen Fortschreiten der Technik gedacht werden darf, kostspielige Anlagen mit einem Schlage ganz oder zum Teil entwertet werden.

Was die Kosten der Klärung betrifft, so ist es nicht möglich, darüber zuverlässige Angaben, auf die man sich in einem bestimmten Falle stützen könnte, zu machen. Die in der Litteratur vorliegenden Angaben sind meist unbestimmt. Es werden wohl Zahlen über die Ausgaben für Klärmittel, für Arbeitslöhne u. s. w. angeführt, dagegen die Kosten für die baulichen Anlagen und deren Unterhaltung — einschließlich der des maschinellen Apparates — sowie die Ausgaben für Verzinsung und Tilgung gewöhnlich beiseite gelassen. Ebenso wenig pflegt über die Kosten, welche die Schlammbeseitigung erfordert hat, etwas genaueres angegeben zu werden. Die so umgrenzten, in der Litteratur anzutreffenden Angaben über Klärungskosten bewegen sich etwa zwischen $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ Pfennig für 1 cbm Schmutzwasser, oder auch einer Jahresausgabe von 0,50—1,0 Mark pro Kopf. Gewöhnlich liegen dieselben unter 1 Mark; in der Regel wird es sich dann aber nach dem Vorangeschickten nur um den größeren Teil der Kosten handeln.

§ 201. Nachstehend folgt die Mitteilung einiger Analysenergebnisse, die an Proben aus einigen größeren Kläranstalten gewonnen sind. Die Zahlenangaben bezeichnen durchgehends Milligramm in 1 l Wasser = Gramm in 1 cbm.

Abwasser von Halle. 10 Proben	Schwebestoffe	Gelöste Stoffe									
		Insgesamt	Davon unverbrennlich	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Organischer Stickstoff	Phosphorsäure	Verbrauch an KMnO_4	Alkalinität
Ungereinigt:											
Durchschnitt . .	879	2003	1528	2,77	0,18	0,46	0,39	75,3	32,8	792	186
Grenzen . . . {	2055	4939	3712	5,8	1,8	4,4	0,60	87,7	50,1	1967	239
	400	1029	854	1,2	0	0	0,28	54,1	20	80	105
Gereinigt:											
Durchschnitt . .	2,6	1388	1126	0,62	0,19	0,41	0,36	59,5	9,8	460	300
Grenzen . . . {	8,0	1988	1798	2,9	1,9	2,7	0,8	79,8	17,8	1165	390
	0,0	999	960	0	0	0	0,3	19,6	4,5	183	101

Die Halleschen Abwässer sind außergewöhnlich stark mit gelösten Stoffen verunreinigt, unter welchen die mineralischen etwa 75 % ausmachen. Menschliche Absonderungen werden nur verbotswidrig eingeleitet; der Hauptsache nach rühren die Verunreinigungen deshalb von Fabrikabfällen (Stärkefabriken) her. Die Grenzzahlen der Tabelle lassen außerordentlich große Wechsel in der Beschaffenheit der ungereinigten sowohl als der gereinigten Wasser erkennen. Dieselben erweisen die große Schwierigkeit in Menge und Zusammensetzung der Fällmittel, dem Wechsel in der Beschaffenheit der Abwässer sich auch nur einigermaßen anzuschließen. Mit Bezug auf die Entfernung des Stickstoffs leistet die Reinigung wenig, wogegen die Phosphorsäure zu einem beträchtlichen Anteil ausgeschieden wird. Die Schwebestoffe werden sehr vollständig entfernt. Die geklärten Wasser werden unbeanstandet von der Gesundheitspolizei in die — wasserreiche — Saale eingeleitet. Das Klärverfahren wird indes nicht auf die Abwässer der ganzen Stadt, sondern nur auf diejenigen aus einem größeren Bezirke angewendet. Die Klärung erfolgt nach dem Verfahren von Müller-Nahnsen in Klärbrunnen; über die Zusammensetzung des Fällmittels siehe die betr. Angaben S. 324.

Abwasser von Dortmund. 2 Einzelproben	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe								
	Insgesamt	Davon organisch	Insgesamt	Glühverlust	Schwefelsäure	Ammoniakstickstoff	Gesamtstickstoff	Phosphorsäure	Chloride	Verbrauch an KMnO_4	Kalk
Ungereinigt . .	380	238	1024	344	93	54	69,1	13,7	184,6	765	56,4
Gereinigt . . .	134	38	1104	412	150,2	51,5	51,5	Spur	163,2	900	56
Ungereinigt . .	454	256	606	182	91,2	51,2	63,1	5,2	120,7	695	37,4
Gereinigt . . .	120	56	1086	296	190	49,6	49,6	Spur	120,7	727	37,2

Auch die Dortmunder Abwässer werden nach dem Verfahren von Müller-Nahnsen in Klärbrunnen mit Kalk und andern geringen Zusätzen geklärt. Der in den obigen Zahlen nachgewiesene Erfolg ist unbefriedigend, sowohl in Bezug auf die Schwebestoffe als in Bezug auf die gelösten Stoffe. Erstere werden nur zu 75—80 % ausgefällt. Die Phosphorsäure verschwindet aus dem Wasser, dagegen von dem Stickstoff nur der Anteil von etwa 25 %. Das Gesamtergebnis ist, daß eine Zunahme der gelösten Stoffe stattfindet, auch der organischen darunter, wie sich in dem erhöhten Bedarf an Kaliumpermanganat ausspricht. — Günstiger war der bakteriologische Befund. Bei 12 Proben fanden sich: im ungereinigten Wasser von 797 600—3 707 500, im gereinigten nur von 576—5760. — Auch die Dortmunder Abwässer sind erheblich mit Fabrikwasser (Bierbrauereien) versetzt; menschliche Absonderungen werden nicht aufgenommen.

Abwasser von Essen. 2 Einzelproben	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe								
	Insgesamt	Davon organisch	Insgesamt	Glühverlust	Schwefel- wasserstoff	Stickstoff als Ammoniak	Stickstoff in organischen Verbindung.	Phosphor- säure	Chlor	Verbrauch an KMnO_4	Kalk
Ungereinigt . . .	318,6	213,4	843,2	229,6	—	31,1	19,2	13,1	234,0	342,8	76,8
Gereinigt . . .	102,4	6,4	1002,4	289,2	—	25,1	21,9	1,7	—	467,6	200,8
Ungereinigt . . .	400,0	332,0	609,0	173,0	1,4	20,3	5,8	—	—	297,3	50,5
Gereinigt . . .	184,1	98,1	1775,0	372,0	—	21,5	2,6	—	—	342,5	352

Die Essener Abwässer sind den von Dortmund ähnlich, sowohl im ungereinigten als gereinigten Zustande. Auch hier sind Fabrikwasser beigemischt, während menschliche Absonderungen nicht aufgenommen werden. Die Klärung erfolgt nach dem Verfahren von Röckner-Rothe in Klärtürmen. Als Fällungsmittel dient vornehmlich Kalk, mit einigen geringen Zusätzen. (Vergl. Angabe S. 324.)

Besonders eingehenden Untersuchungen sind die geklärten Wasser von Potsdam unterworfen worden. Der einen der dortigen — drei — Kläranstalten fließen die häuslichen Abwässer unvermischt mit Regenwasser aus einem von 2300 Einwohnern bewohnten Stadtteil zu. Sie erleiden dabei in zwei Sammelbrunnen längere Aufenthalte, besonders in dem zweiten, 28,5 cbm großen Brunnen, da die Klärung nicht dauernd, sondern nur zweimal innerhalb eines Tages in kurzer Arbeitsdauer ausgeführt wird. Da aber die nach Röckner-Rotheschem System angelegten Klärtürme dauernd gefüllt bleiben, so kann erst das, gegen das Ende einer Arbeitsschicht abfließende geklärte Wasser als frisch aus der Stadt zugeflossenes gelten. Danach finden große Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Wasser, und entsprechend große in der Wirkung der Fällmittel — vorzugsweise Kalk — statt; in der Menge der Fällmittel wird auf die Verschiedenheiten der Abwässer aber keine Rücksicht genommen.

Die Potsdamer Abwässer sind ganz außergewöhnlich unrein, jedoch frei von Fabrikwassern; sie werden von Proskauer und Nocht, welche die Untersuchungen ausgeführt haben, mit „schwach verdünntem Latrineneinhalt“ in Parallele gestellt. Als charakterisierend für Abwasserreinigung betrachten Proskauer-Nocht a) den Glühverlust des Verdampfungsrückstandes; b) den Verbrauch von KMnO_4 , diesen jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die untersuchten Wasserproben immer denselben Zustand der Konzentration zeigen; c) den Stickstoffgehalt, wobei aber nicht nur der in fester Form vorhandene, vielmehr auch der in flüchtiger Form anwesende bestimmt werden muß, letzteres aus dem Grunde, um festzustellen, ob die Wasserprobe bereits vor dem Zeitpunkt des Zusatzes des Fällmittels in Fäulnis übergegangen war oder nicht, weil hiernach der chemische Befund an Verdampfungsrückstand, Glühverlust und Mineralstoffen sich ungleich herausstellt; d) den Chlorgehalt, weil derselbe zum Erweise der Identität des Wassers vor und nach der Reinigung gut geeignet ist; endlich e) den Kalkgehalt, welcher die Erklärung der Ergebnisse der Keimzählung enthält.

Was zunächst letztere betrifft, so ergibt sich, daß die Anzahl der Keime am Beginn des Klärbetriebes (alte, aufgesammelte Wasser) von 160 000 000 auf 577 000 und gegen Ende (frisch zugeflossene Wasser) von 108 000 000 auf 117 000 herabgesetzt wurde. Diese zu geringe Wirkung wird dem Umstande zugeschrieben, daß von der zugesetzten Kalkmenge = 0,6 kg auf 1 cbm Wasser, nur $\frac{1}{13}$ in Lösung übergeführt wird und der weitaus größte Teil (0,554 kg) entweder mit dem Schlamm ausfällt, oder auch von einem andern Bestandteil der Fällmittel in unlösliche Verbindungen übergeführt wird. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit sowohl einer ausreichend langen Dauer der Wirkung des Fällmittels, als einer richtigen Zusammensetzung desselben. Nach dem ungünstigen Ergebnisse der Ermittlungen an den Potsdamer Abwässern erklärten Proskauer und Nocht eine Erhöhung des Kalkzusatzes auf das 5fache = 3 kg auf 1 kg für notwendig, um eine sichere Desinfektionswirkung zu erreichen. — Die geklärten Wasser werden in die sehr langsam fließende Havel abgelassen. Doch zeigt die nachstehende Analyse, daß in der Strommitte das Flußwasser bereits wieder von normaler Beschaffenheit ist.

Abwasser von Potsdam. Einzelproben	Ver- dampfungs- rückstand	Glühverlust	Glüh- rückstand	Stickstoff		Chlor	Verbrauch an KMnO_4	Kalk	Keime in 1 cem
				Ins- gesamt	Dayon flüchtig				
Ungereinigt:									
Schwebestoffe	143	61,5	81,5	16,8	—	—	—	10,28	—
Gelöste Stoffe	1838	531,5	1307,5	204,4	110,3	110,05	424,2	62,26	257 000 000
Gereinigt	1600	341,0	1259,0	210,0	146,3	237,87	276,5	108,25	3 000
Wasser aus der Mitte der Havel	257,5	67,5	190,0	4,1	Spur	31,95	21,3	32,5	1 500
Ungereinigt:									
Schwebestoffe	3318,5	2437,0	881,5	82,8	12,1	—	—	10,0	—
Gelöste Stoffe	2271,5	819	1452,5	262,3	66,0	331,7	975,2	180,3	108 000 000
Gereinigt	1844,5	443,5	1401,0	169,0	86,8	354,3	546,7	224,8	4 450
Wasser aus der Mitte der Havel	201,5	35,0	166,5	8,2	0,65	24,8	45,0	24,8	6 500

Frankfurt a. M. reinigt seine gesamten Abwasser in Klärbecken, welche mit 4 mm Geschwindigkeit durchflossen werden, nachdem die Wasser als Fällmittel einen Zusatz von schwefelsaurer Thonerde und Kalk erhalten haben, welcher dem Verunreinigungsstande der Wasser nach einer achteiligen Skala angepaßt wird. In den Jahren 1887 und 1888 sind von Lepsius Versuche über die zweckmäßigste Zusammensetzung des Fällmittels angestellt worden, welche die nachstehend summarisch mitgeteilten Ergebnisse geliefert haben.

Mittel aus 1—5 Proben	Schwebestoffe				Gelöste Stoffe										Insgesamt
	Insgesamt	organische			Glüh- rückstand	organische				mineralische					
		Glühverlust	Stickstoff	Verbrauch an KMnO_4		Stickstoff insgesamt	Stickstoff organisch	Ammoniak Stickstoff	Verbrauch an KMnO_4	insgesamt	Glüh- rückstand	Thonerde u. Eisenoxyd	Kalk	Schwefel- säure	
Ungereinigt . .	1298	919	52,3	423	581	63,1	10,9	58,2	70	757	364	32,6	77,3	81,2	2256
Geklärt m.0,16kg schwefelsaurer Thonerde und 0,04 kg Kalk .	158	88,8	4,1	43	282	57,8	7,3	50,7	51	898	582	15,2	155,9	179,8	1019
Desgl. m.0,214kg Kalk . . .	119	99	4	130	333	68,3	23,2	45	14,8	836	503	7	208	223,5	955
Desgl. ohne Zu- satz von Fäll- mitteln . . .	155	92	10	97	308	34,2	3,8	30,3	39	683	375	8	121	120,2	838

Nach diesen Zahlenreihen tritt der Einfluß der Klärung auf die Schwebestoffe weitaus am wirksamsten hervor und zwar einigermaßen unabhängig von dem Fällmittel; doch scheint der Kalk dabei im Vorzuge vor der schwefelsauren Thonerde zu sein. Im übrigen lehren die Zahlen der ersten und letzten Spalte der Analyse durch ihre nahe Uebereinstimmung, daß der Hauptfaktor bei der Klärung die Schwere ist. — Der gelöste organische Stickstoff wird nur ganz un-

wesentlich vermindert; die gelösten mineralischen Stoffe erfahren eine bedeutende Vermehrung. Nach den Zahlen über die Oxydierbarkeit werden die organischen Stoffe aus den Schwebestoffen bis auf 25 % und weniger entfernt; bei den gelösten Stoffen ist die Wirkung erheblich geringer. — Abweichend von dem chemischen verhält sich der bakteriologische Befund. Das ungereinigte Wasser enthielt im Durchschnitt 3 000 000 Keime in 1 ccm. Dieselben wurden entfernt: bei der Klärung mit schwefelsaurer Thonerde und Kalk bis auf 380 000, bei der Klärung mit Kalk allein bis auf 17 500; bei der Klärung ohne Fällmittel wurde eine Vermehrung um 350 000 festgestellt. — Bei der Klärung mit Kalk allein und bei der Klärung ohne Fällmittel war der Geruch der in den Becken befindlichen Wasser außerordentlich belästigend, bei der Klärung mit Kalk allein eine etwa $4\frac{1}{2}$ mal so große Schlammmenge vorhanden als bei der Klärung mit schwefelsaurer Thonerde und Kalk.

Nach diesen Ergebnissen wird in Frankfurt a. M. die Klärung mit schwefelsaurer Thonerde und einem Zusatz von Kalk etwa in $\frac{1}{4}$ der Menge jener als das für die dortigen Abwasser zweckmäßigste Verfahren angesehen. (Vergl. über Näheres hierzu Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1889.)

§ 202. Mögliche oder zweckmäßige Verbindungen mehrerer Abwasserreinigungsverfahren sind bereits oben mehrfach berührt worden. Es könnte sich um folgende handeln:

- a) Klärung mit nachfolgender Rieselung;
- b) Klärung mit nachfolgender Filtration;
- c) Filtration mit nachfolgender Rieselung;
- d) Filtration mit nachfolgender Klärung;
- e) Rieselung mit nachfolgender Klärung;
- f) Klärung mit nachfolgender atmosphärischer Oxydation.

Das Verfahren zu a) ist anscheinend in England mehrfach ausgeführt worden, in Deutschland bisher für die Schmutzwasser ganzer Städte noch nicht, wohl aber für die Abwasser von Fabriken. Es dürfte in Zukunft auch wohl für städtische Schmutzwasser in Frage kommen. Für das Verfahren zu b) fehlt die ausreichende Begründung, insofern als bei der Filtration auf die Nutzung der Abwässer so gut wie ganz verzichtet wird. Die zu c) angegebene Kombination kann keine Bedeutung beanspruchen, da beide Verfahren wesentlich dasselbe leisten. Bereits gefilterte oder gerieselte Wasser nachträglich mit Chemikalien zu behandeln (Kombinationen zu d) und e), könnte den Zweck erfüllen, in Zeiten von Epidemien die Wasser sicher keimfrei zu machen; Voraussetzung dabei sind also Ausnahmestände. Die Kombination zu f) ist oft in Vorschlag gebracht und vereinzelt auch versucht worden, jedoch soviel bekannt, in der Regel, ohne befriedigendes Ergebnis.

§ 203. Zur Ausführung der Klärung dienen zunächst Becken. Das früheste bekannt gewordene Beispiel dieser Art bietet Birmingham, wo die Wasser nacheinander mehrere Becken passieren, um danach teils durch Filtration, teils durch Klärung weiter gereinigt zu werden. — In Becken kommt das Wasser entweder für eine gewisse Dauer zum Stillstand, oder dasselbe durchfließt die Becken mit der Geschwindigkeit von 2–5 mm. Die Beckentiefe darf einerseits nicht so groß sein, daß die Schwebestoffe zu lange Zeit gebrauchen, um den Boden zu erreichen, sie darf andererseits nicht zu gering sein, damit die Notwendigkeit allzu häufiger Außerdienststellung zum Zweck der Herausnahme des Schlammes vermieden wird. Gegen das untere Ende hin giebt man der Beckensohle etwas Gefälle, um die Durchflußgeschwindigkeit zu verlangsamen und auch dadurch die Ablagerung der leichteren

Schwebestoffe zu befördern. Nach diesen Rücksichten bemißt sich die mittlere Tiefe der Becken zu 1,5—2,0 m.

Ob man die Becken offen anlegt oder überdeckt, ist zumeist eine Frage der Oertlichkeit. Wo die Schmutzwasser mit hoher Temperatur ankommen, wird Frostgefahr nicht leicht zu fürchten sein, zumal die Schmutzwasser viel Kochsalz enthalten und die Sohle der Becken eine beständige, relativ hoch liegende Temperatur bewahrt. Offene Beckenanlagen in der Nähe von Wohnstätten können aber große Geruchbelästigungen hervorrufen, namentlich in der warmen Jahreszeit. Und der Desinfektionswirkung des Sonnenlichts steht auf der andern Seite die Beförderung der Fäulnisvorgänge durch die erhöhte Temperatur gegenüber. Danach wird die Ueberdeckung die Regel, die offene Bauweise die Ausnahme sein.

Ein Mangel der Beckenanlagen ist, daß zur Entfernung des Schlammes das betreffende Becken vorübergehend außer Betrieb gesetzt werden muß. Man muß daher zerlegen, wodurch aber die ohnehin hohen Baukosten der Becken eine entsprechende Erhöhung erfahren. Ein fernerer Mangel der Beckenanlagen besteht darin, daß die Schlammablagerungen in denselben für mehr oder weniger lange Dauer verbleiben, während welcher die Fäulnis fortschreitet. Endlich erfordern Beckenanlagen eine große Grundfläche, werden auch dadurch kostspielig und zudem unübersichtlich im Betriebe.

Neben Becken benutzt man, und zwar vorwiegend, Klärbrunnen und Klärtürme.

Den Klärbrunnen wird das Wasser in der Tiefe zugeführt, und steigt dann unter dem Druck der Gegenwassersäule auf, um über den Brunnenrand abzufließen. Die Schwebestoffe bewegen sich also der Richtung des Wasserstroms entgegen, oder vielmehr: ihre Schwere setzt sich dem Bestreben des Wasserstroms, sie mit sich zu führen, entgegen, wodurch vielleicht eine etwas wirksamere Ausfällung als in den Becken und eine innigere Mischung mit dem Fällmittel erzielt wird. Die Brunnen sind wenig Raum einnehmend und können in überdachtem Gebäude angelegt werden, sind auch frostfrei; endlich findet bei ihnen stetige Entfernung des Schlammes mittelst einer Schlammpumpe statt. Bei ungünstigem Baugrunde kann die Herstellung der Brunnen auf Schwierigkeiten stoßen. Bei den wirbelnden Bewegungen, die das Wasser beim Aufstieg annimmt, werden üble (auch giftige) Gerüche in großer Menge ausgestoßen; zum Schutz der Arbeiter und der näheren Umgebung ist es daher notwendig, die Brunnen dicht abzudecken und aufsteigende Gase einer Feuerung zuzuleiten.

Klärtürme bedürfen nur brunnenartiger Bassins von geringer Tiefe, in die eine Glocke aus Eisenblech mit ihrem unteren Rande eintaucht. In der Glocke wird Luftverdünnung hergestellt und steigen alsdann die Schmutzwasser in derselben auf, wobei die Schwebestoffe in das Bassin sinken; der Klärungsvorgang ist daher derselbe wie bei dem Klärbrunnen. Ein Vorzug der Klärtürme besteht in der Abwesenheit von Gerüchen, da die entwickelten Gase durch die Luftpumpe zu einer Feuerung geführt werden.

Allgemeine Kostenvergleiche zwischen Klärbrunnen und Klärtürmen lassen sich nicht wohl ziehen, da darüber die Oertlichkeit zumeist entscheidet.

Beide Arten von Apparaten sind Anfang der 80er Jahre in Deutschland etwa zugleich aufgetaucht: 1884 Versuche in Dortmund sowohl mit Klärbrunnen als Klärtürmen, 1885 in Essen eine Klärturmanlage, 1886 in Halle, und gleich darauf in Dortmund, Klärbrunnenanlagen. Neben diesen größeren Werken lagen von beiden Systemen jedoch schon früher Ausführungen für Zuckerfabriken, Brauereien, Färbereien u. s. w. vor.

Es ersieht sich, daß nichts im Wege steht, Kombinationen von Klärbrunnen

und Klärtürmen mit Klärbecken zu treffen; eine Kombination ersterer Art ist in Wiesbaden ausgeführt; Kombinationen letzterer Art sind bisher nicht bekannt geworden. Anderweit hat man (Halle) Schmutzwasser nacheinander in zwei Brunnen geführt.

Die Luftleere der Klärtürme kann anstatt mittelst Luftpumpe auch mittelst Wasserfüllung (Apparat von Peschges) hergestellt werden; ebenso läßt sich Dampf dazu benutzen, doch wohl nicht Knallgas, welches bei Abfuhrbehältern in Gebrauch gekommen ist (Apparate von Coblenzer und von Wegner).

Im übrigen sind verschiedene Einrichtungen und Apparate teils ausgeführt, teils in Vorschlag gebracht, welche etwa als Zwischenstufen zwischen Klärbecken, Klärbrunnen und Klärtürmen angesehen werden können; auf solche Konstruktionen wird erst im Teil II näher einzugehen sein.

Einige Litteraturangaben zu dem vorhergehenden Abschnitt.

A. Betreffend Schmutzwasserreinigung überhaupt.

- Generalbericht, erstattet von Virchow, über die Reinigung und Entwässerung Berlins. Mit Anhängen 1—3, enthaltend Uebersetzungen des 1. und 2. Report der englischen Rivers Pollution Commission und Uebersetzung eines Kommissionsberichts betr. die Verunreinigung der Seine bei Paris. Berlin 1873 u. ff.
- Die verschiedenen „Reports“ der englischen Royal-Commissions betr. die Flußverunreinigung im allgemeinen und die Themse-Verunreinigung im besonderen. London.
- König, Die Verunreinigung der Gewässer. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1887.
- Derselbe, Ueber die Prinzipien und die Grenzen der Reinigung von fauligen und fäulnisfähigen Wassern. 1885.
- Gerson, Die Verunreinigung der Wasserläufe u. s. w. Berlin 1889.
- Kaftan, Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte. Wien 1880.
- Baumeister, Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung. Berlin 1890.
- Brix-Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten. Leipzig 1894.
- Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. 3 Bd. Leipzig.
- Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe. Berlin 1896.
- B. Latham, Sanitary Engineering. A Guide to the Construction of the Works of Sewage etc. London and New York.
- Fischer, Das Wasser. Berlin 1891.
- Stammer, Die Reinigung der städtischen Abwässer und die Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe. Breslau 1885.
- Mitgau, Bericht über die in Berlin, Amsterdam u. s. w. eingeführten Systeme der Städtereinigung. Braunschweig 1880.
- König, Ueber die Kanalisation kleiner Städte. Halle 1884.
- W. H. Corfield and L. C. Parkes, The Treatment and Utilisation of Sewage. London 1887.
- Waring, Modern Methods of Sewage Disposal. New York 1894.
- Slater, Sewage Treatment, Purification and Utilisation.
- Robinson, Some recent Phases of the Sewage Question etc. London.
- Bailey Denton, Sanitary Works and Sewage Utilisation. London 1869.
- Maxwell and Tuke, Suggestions for the economical Collection and Disposal of the Sewage, and the Utilisation of the solid Refuse. London 1880.
- Die Reports des Massachusetts State Board of Health, welche seit Ende der 80er Jahre in größerer Zahl ausgegeben sind.
- Babut du Marès, Le Sewage, son utilisation et son épuration. Leipzig 1883.
- Durand-Claye, Les travaux de l'assainissement de Danzick, Berlin, Breslau. Revue d'hygiène 1894.

B. Betreffend die verschiedenen Reinigungsverfahren insbesondere.

- Knauff, Der Torf als Filtrationsmittel für Kanalwasser. Berlin 1884.
 Peschke, Die Petrische Methode für Reinigung städtischer Kanalwasser. Berlin 1884. (Betrifft nur die Filtration mit Torf.)
 Zahlreiche Hefte der Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers in London, von den nur folgende hier einzeln angeführt werden:
 Lowcock, On the Filtration of Sewage. 1893/94.
 Dibdin and Crimp, On Disposal of Sewage Sludge. 1886/87.
 Bennett, On Sewage Clarification. 1887/88.
 Berrington, On the Wolverhampton Sewage Works. 1891/92.
 Bower, On the Treatment of Sewage by Polarite. 1893/94.
 Roechling, On the Sewage Farms of Berlin. 1891/92.
 Fairley, On the Main Drainage of Edinburgh. 1894/95.
 Chemical Precipitation of Sewage of the Worlds Columbian Exposition. Chicago 1893.
 Bailey Denton, Sewage Disposal. Ten Years Experience in Works of intermittent downward Filtration and in Combination with Surface Irrigation.
 Birch, Sewage Irrigation by Farmers, or Fifty Instances of profitable Sewage Utilisation. 1879.
 Swarbrick, On the Withington Sewage. 1893/94.
 Weyl, Handbuch der Hygiene. Jena 1895 u. ff.
 Fadejeff, Die Unschädlichmachung der städtischen Kloakenauswürfe durch den Erdboden. Versuche an der land- und forstwirtschaftlichen Akademie Petrowsky u. s. w. Aus dem Russischen ins Deutsche übersetzt von Menzel. Leipzig 1886.
 Hobrecht, Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- und Berieselungsfrage. Berlin 1883.
 Schweder, Die Spüljauchenrieselung. Sonderabdruck aus Müllers Landwirtschaftl. Centralbl. f. Deutschland. Berlin 1875.
 Fegebeutel, Die Kanalwasserbewässerung u. s. w. in England. Danzig 1870.
 Derselbe, Die Kanalwasserbewässerung u. s. w. in Deutschland. Danzig 1894.
 Grandke, Die Rieselfelder von Berlin. Berlin 1892.
 Die jährlichen Verwaltungsberichte des Magistrats von Berlin über die Kanalisationswerke, von 1875 an. Berlin.
 Perels, Handbuch des landwirtschaftlichen Wasserbaues. Berlin.
 Vincent, Die Drainage, deren Theorie und Praxis. Leipzig.
 Von Zeitschriften insbesondere: Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentliche Gesundheitspflege, Jahrg. 1888 u. ff. „Der Gesundheitsingenieur“, Jahrg. 1888 u. ff.

Ueber Reinigung von Fabrikwassern handeln insbesondere:

- Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer. Berlin 1890.
 Fischer, Das Wasser u. s. w. Berlin 1891.
 König, Die Verunreinigung der Gewässer. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1887.
 Butterworth, On Sewage and Refuse Disposal at Loughborough. Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin. 1895/96.
 Naylor, Plant for the Treatment of Trades Waste. Exc. Min. wie vor. 1895/96.

2. Kapitel.

Desinfektion, insbesondere trockener Abfallstoffe.

§ 204. Seit dem Zeitpunkte, wo es feststeht, daß die sogen. Infektionskrankheiten von spezifischen Erregern hervorgerufen werden, hat der früher unbestimmte Begriff der „Desinfektion“ einen genau umschriebenen Inhalt bekommen und hat sich von da an auch erst eine genauere Kenntnis der Desinfektionsmittel

und deren Wirkungsweise ergeben; indes ist auf dem letzteren Gebiet heute noch manches lückenhaft oder unvollständig. Mit den Fortschritten der hygienischen Wissenschaft parallel gehend hat sich auch die Erkenntnis von der Bedeutung und der Notwendigkeit der Desinfektion in immer weitere Kreise verbreitet. Demzufolge wurden in der 14. und 18. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege (1888 und bezw. 1893) folgende Resolutionen beschlossen:

1. Jede größere Stadt bedarf einer oder mehrerer stationärer öffentlicher Desinfektionsanstalten. Der Anschluß einer solchen an andre kommunale Anstalten ist zulässig. Zur gemeinsamen Benutzung für kleine Ortschaften, insbesondere für ländliche Gemeinden, ist die Beschaffung transportabler Desinfektionsapparate vorzusehen.
2. Die Benutzung der öffentlichen Desinfektionsanstalten ist auf Grund ärztlicher Bescheinigung unentgeltlich zu gestatten.
3. Als Desinfektionsmittel ist in den öffentlichen Desinfektionsanstalten der strömende Wasserdampf zu verwenden. Diese Anstalten müssen auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft sein und unter sachverständiger Kontrolle bleiben. Die desinfizierten Gegenstände sind von den zu desinfizierenden genügend zu sondern. Die Desinfektoren haben sich durch besondere Kleidung, Respiratoren und Waschungen vor Ansteckung zu schützen.
4. Die Wahl der Apparate und technischen Einrichtungen hängt von örtlichen Verhältnissen ab.
5. Es ist zweckmäßig, mit der Desinfektionseinrichtung eine Badeanstalt zu verbinden.

Und weiter:

Es ist wünschenswert, daß die Gemeinden die Errichtung einer Abdeckerei in Zukunft von der Ausstattung mit Apparaten abhängig machen, welche die bisherigen Benachteiligungen, Belästigungen und Gefahren des Abdeckereibetriebes thunlichst verhüten.

Beide Resolutionen haben sich als sehr erfolgreich erwiesen, sowohl mit Bezug auf die Konstruktion geeigneter Apparate als mit Bezug auf das Vorgehen der Gemeinden in diesen Dingen.

§ 205. Die Anforderungen an die Desinfektion gehen aus folgender, von Koch herrührender Erklärung hervor:

Desinfektion ist erfolgt, wenn die in Frage kommenden spezifischen Infektionsstoffe zerstört sind, wenn speziell bei Bakterienkrankheiten die Bakterien, und, falls dieselben Dauersporen besitzen, auch diese im Objekt getötet sind.

Daraus folgt, daß man nicht überall das gleiche Desinfektionsmittel, besonders nicht dasjenige, welches alle, auch die widerstandsfähigsten Sporen tötet, anzuwenden braucht, sondern nur dasjenige, welches für den besonderen Fall ausreicht...

Diese Feststellung ist wichtig, weil die gefährlichsten Bakterienarten (Cholera- und Typhusbazillen) weniger widerstandsfähiger sind, als andre minder gefährliche, insbesondere das bei betreffenden Beurteilungen gewöhnlich herangezogene *Bact. coli commune*.

Ueber Zweck und Bedeutung der Desodorisation vergl. S. 272.

§ 206. Die Desinfektionsmittel sind teils physikalische, teils chemische. Zur Gruppe der ersteren gehören:

a) Sogen. trockene Hitze in der gewöhnlichen Form, auch als Glühhitze oder als Flamme wirkend.

b) Feuchte Hitze, in siedendem Wasser, oder mittelst Dampf wirkend.

Die Zahl der chemischen Desinfektionsmittel ist sehr groß; entsprechend ist die Wirksamkeit derselben sehr ungleich.

§ 207. Trockenhitze in der gewöhnlichen Form ist wegen der dabei fehlenden Eigenschaft, selbst nur einer gewissen Gleichmäßigkeit in der Verteilung, nur beschränkter Anwendung fähig. Um ein gewisses Minimum der Hitze in allen Teilen eines zu desinfizierenden Gegenstandes zu erreichen, muß die Hitze an ihrem Ursprunge so weit gesteigert werden (auf 150° und darüber), daß die der Desinfektion unterworfenen Gegenstände dabei Schaden nehmen. Daher ist trockene Hitze im allgemeinen nur da gebrauchsfähig, wo es auf die Zerstörung des betreffenden Gegenstandes ankommt, oder die Erhaltung desselben gleichgültig ist; hierin liegt die Ursache, daß die früher als Desinfektionsapparate benutzten sogen „Brennkammern“ heute ganz außer Gebrauch gekommen sind. Trockenhitze als Glüh- oder Flammhitze wirkend, wird noch benutzt bei der Zerstörung von infizierten Kleidungs- oder Wäschestücken, von infizierten oder verdorbenen oder zu konservierenden Nahrungsmitteln (Fleisch, Milch), den Absonderungen Infektionskranker, bei Teilen oder ganzen Kadavern gefallener Tiere, bei der Leichenverbrennung, bei der Aufarbeitung menschlicher Absonderungen zu künstlichem Dünger.

Durch Hitze lassen sich auch die Gerüche von Grubeninhalt zerstören. Nach dem Vorschlage von Roßbach geschieht dies in einfacher Weise, indem man auf dem Abortssitz einen Blechschlot von etwa 40 cm Höhe anbringt, in welchem eine brennende Flamme unterhalten wird. In dem Schlot befinden sich Drahtgewebe, die durch die Flammen stark erhitzt werden, an welchen vorbeistreichend die Riechstoffe verbrennen.

Die Abgänge von Cholera-, Typhus- und Dysenteriekranken, der Auswurf Tuberkulöser und Lungenkranker, die Membranen Hautdiphtheritischer und Scharlachdiphtheritischer, der Urin Tetanuskranker, Geifer und Speichel tollwütiger Tiere, Absonderungen und Ausleerungen von an Milzbrand, Rotz, Maul- und Klauenseuche erkrankter Tiere und Menschen, Darmparasiten und Eitererreger, auch Leichenflüssigkeiten werden am besten zunächst mit Torfmull gebunden und erst alsdann verbrannt. Der Ofen muß zum Beschicken von oben eingerichtet sein und mit einem Brennmaterial, welches mit Flamme brennt, befeuert werden.

Für die Desinfektion von Kehricht (sowohl von Hauskehricht als Straßenkehricht) ist trockene Hitze das einzige im großen gebrauchsfähige Desinfektionsmittel, da mit chemischen Mitteln, wegen der Schwierigkeit, welche die innige Mischung verursacht, der Zweck nicht erreichbar ist. Indessen kann man auch bei der Müllverbrennung nicht immer auf vollständige Keimfreiheit rechnen, da Fälle bekannt sind, daß in dem Verbrennungsrückstände noch organische Bestandteile angetroffen wurden.

Bei den Berliner Müllverbrennungsversuchen, welche in langer Dauer fortgeführt sind, erzielte man zu Zeiten im Fuchs nur Temperaturen, welche auf 150 bis selbst 120° C. herabgingen; es wird dadurch die erwähnte Thatsache genügend erklärt. In jeder Zelle eines Ofens konnten in 24 Stunden nur 2800—2900 kg Müll verbrannt werden, wenn man 6—7 % Kohle hinzufügte; dabei verblieb ein Rückstand von reichlich 50 % des ursprünglichen Volumens, das sich zur Hälfte aus Schlacke, zur Hälfte aus Asche zusammensetzte. In englischen Müllverbrennungsanstalten sind die Ergebnisse teils viel günstigere gewesen: Verbrennung von 6000—7000 kg Müll in einer Zelle in 24 Stunden; Rückstandsmengen von nur 25—33 %; Temperaturen von 600—800° im Fuchs. Doch sind auch dort Fälle bekannt, wo das Verfahren weniger befriedigt hat, als vielfach angenommen wird, namentlich was Kosten und die Verwertungsfähigkeit der Rückstände betrifft.

Immerhin ist der mit der Müllverbrennung beschrittene Weg ein sowohl durch

die Not als durch Zweckmäßigkeit an die Hand gegebener und hat sich deshalb die 19. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1894 (zu Magdeburg) befürwortend für die Anstellung weiterer betreffender Versuche ausgesprochen (vergl. Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 27. Bd., 1895).

Schneider hat für die Müllverbrennung Oefen in Vorschlag gebracht, mit viel höheren Temperaturen als bisher benutzt wurden. Es soll durch Zuschläge von Kalk und Alkalien das Schmelzen der Bestandteile des Kehrichts bewirkt und die flüssig gewordene Masse zu geformten oder ungeformten steinartigen Stücken verarbeitet werden, die eine Benutzung als Wegebaumaterial zulassen. Bisher liegen über das Verfahren nur geringe Versuche, aber noch keine Ausführungen in größerem Maßstabe vor. (Näheres ist in einer kleinen Schrift enthalten: Schneider, Verfahren und Oefen zur Aufarbeitung der Wirtschaftsabfallstoffe. Dresden 1895.)

Feuchte Hitze, an Wasser gebunden, muß reichlich 100° erreichen und während einer gewissen, nicht zu geringen Dauer wirken ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde), wenn der Erfolg sicher sein soll. Anwendbarkeit bei der Sterilisation von Trinkwasser, zum Desinfizieren von Werkzeugen und Hausgeräten, zum Zerstören von Schädlichkeiten in Nahrungsmitteln, oder zur Vorbeugung gegen Auftreten solcher. Feuchte Hitze an Dampf gebunden kommt bei ungespanntem und gespanntem (wenig über Atmosphärendruck gespanntem) Dampf für mannigfache Zwecke zur Anwendung. Alle heutigen öffentlichen Desinfektionsanstalten und die Desinfektionsanstalten der neueren Krankenhäuser benutzen Dampfdesinfektion. Zerstörung der Infektionsstoffe wird sowohl bei gespanntem als ungespanntem Dampf erreicht, wenn auch nicht in gleicher Zeitdauer. Das Wesentliche dabei ist die Einrichtung (Form u. s. w.) des Desinfektionsraumes, und die Form des zu desinfizierenden Stücks. Je schwieriger der Dampf zu allen Stellen des Gegenstandes (dichte Wäschepacken, Matratzen u. s. w.) Zutritt findet, je längere Zeit erfordert die Desinfektion: von $\frac{1}{3}$ Stunde bis 1 Stunde. — Was Beschädigungen der der Desinfektion unterworfenen Gegenstände durch nasse Hitze anbetrifft, so ist bekannt, daß die meisten Gewebe die Temperatur von 120° ohne Schaden aushalten. Dennoch kommen leicht Beschädigungen dieser oder jener Art vor, wenn die Desinfektoren nicht die peinlichste Sorgfalt dagegen anwenden.

Neuerdings hat man Dampfdesinfektion auch auf infiziertes Brunnenwasser angewendet (Zeitschr. f. Hygiene 1895). Nachdem chemische Desinfektion versagt hatte (darunter auch mit Aetzkalk), erzielte man durch $2\frac{1}{4}$ stündiges Dampfeinblasen in einen Kesselbrunnen, welcher 1,8 cbm Wasser enthielt, einen vollständigen Erfolg; während des Dampfeinblasens ward fortdauernd die Pumpe in Gang gehalten. Mit größerer Leichtigkeit als bei Kesselbrunnen ist das Verfahren bei Röhrenbrunnen anwendbar.

Zur Desinfektion der Viehwagen der Eisenbahnen wird sowohl Dampf als heißes Wasser von mindestens 70°C . Temperatur benutzt, und zwar der Dampf bei geschlossenem Zustande des Wagens. Das erhitzte Wasser ist unter hohem Druck gegen alle Teile des Wagens zu schleudern. Nach der Trocknung Bestreichen mit einer Chlorkalklösung: 1 Gewichtsteil Chlorkalk auf 12 Gewichtsteile Wasser, oder einer Karbolkalklösung, oder heißer alkalischer Lauge aus 0,5 kg Soda auf 100 l Wasser.

§ 208. Ueber die Desinfektion von Abfallstoffen mit chemischen Mitteln liegen ausgedehnte Versuche von Gerloczy u. a. vor (Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1889). Die Versuche bezogen sich:

Büsing, Städtereinigung 1.

22

1. auf den Inhalt von Abortsgruben;
2. auf Kanalwasser;
3. auf den Inhalt von Hofeinfällen (Gullies);
4. auf trockenen Straßenkehricht;
5. auf frische Entleerungen von an akuten Darmkrankheiten, namentlich an Typhus Leidenden.

Es wurden folgende Desinfektionsmittel angewendet:

- a) Sublimat (Quecksilberbichlorat);
- b) Kupfervitriol;
- c) Schwefelsaures Zinkoxyd;
- d) Eisenvitriol;
- e) Karbolsäure, kristallisiert und roh;
- f) Karbolkalk;
- g) Creolin;
- h) Rohe konzentrierte Schwefelsäure;
- i) Frischer Aetzkalk;
- k) siedendes Wasser;
- l) Lauge (hergestellt aus 1 l Holzasche, 2 l Wasser);
- m) Kochsalzlösung mit 26,1 % Kochsalz.

Die Ergebnisse, zu denen Gerloczy gelangte, sind folgende:

Eine vollständige Desinfektion von Grubeninhalt ist, praktisch genommen, nahezu unmöglich, mit Sublimat nicht wegen der Kostspieligkeit. Mit 40 kg Kupfervitriol kann man mit einiger Aussicht auf Erfolg 1 cbm Grubeninhalt desinfizieren. — Zur Desodorisation von 1 cbm Grubeninhalt reichen 20 kg rohe (25—30 %ige) Karbolsäure aus.

Kanalwasser. Kupfervitriol in der Menge 1:1000 zugemischt, tötet die Bakterien, macht die Flüssigkeit geruchlos, und klärt das Wasser schnell und vollständig. Dieselbe bleibt auf 10—14 Tage steril und geruchlos. Das Mittel ist daher sehr zu empfehlen.

Der schlammige Inhalt von Hofgullies ist äußerst schwer zu desinfizieren. Geruchlosigkeit kann mit Karbolkalk erzielt werden, der aber Verstopfungen verursacht. Besser ist rohe Karbolsäure im Verhältnis 1:1000 zugesetzt.

Trockenen Straßenkehricht zu desinfizieren ist praktisch nahezu unmöglich, weil in demselben die Bakterien in der Dauerform der Sporen vorhanden sind, welche den Desinfektionsmitteln in außerordentlichem Maße widerstehen.

Frische Entleerungen von Typhuskranken und von Kranken mit akuten Darmleiden: Sublimat in der Menge 1:1100 bewirkt Desinfektion in 1 Stunde. — Kupfervitriol desinfiziert in der Menge 1:110. — Kristallisierte Karbolsäure in der Menge 1:25 angewendet, ist in der Wirkung unsicher, Creolin in der Menge von 1:10 ausreichend. — Lauge, in der Menge 3:1 kalt zugesetzt, bewirkt in 1 Stunde nahezu Desinfektion, heiß zugesetzt in 24—48 Stunden volle Desinfektion. — Die Wirkung von siedendem Wasser ist unsicher.

Nach diesen Ergebnissen formuliert Gerloczy folgende Grundsätze:

Vollständige Desinfektion von Grubeninhalt kann nur in außerordentlichen Fällen gefordert werden, wie z. B. bei den ersten Fällen von Cholera, wenn frische Absonderungen in die Gruben gelangen. Alsdann ist Kupfervitriol in der Menge von 40 kg auf 1 cbm zu empfehlen, und zur Geruchlosmachung rohe Karbolsäure in der Menge von 20 kg auf 1 cbm.

Kanalwassern ist Kupfervitriol in großen Mengen zuzusetzen. In offene Rinnsteine ist rohe Karbolsäure in der Menge von 2 Teile auf 1000 Teile Wasser zu schütten. Kanaleinlässe sind mit Wasser zu spülen und mit roher Karbolsäure geruchlos zu machen.

Straßenkehrriecht ist zu befeuchten und rasch aus der Stadt zu entfernen. In Häusern, auf Treppen und Höfen Karbolkalk zu streuen, ist nicht zu gestatten, vielmehr fleißiges Kehren und Aufwaschen mit Zinkvitriol anzuordnen.

Frische Absonderungen sollen mit Kupfervitriol in der Menge 1:100 versetzt werden. Noch besser ist siedende Lauge in der Menge 3:1, hergestellt aus 1 Teil Holzasche auf 2 Teile Wasser. Ebenfalls kann Kalkmilch benutzt werden, hergestellt aus 1 Gewichtsteil Aetzkalk auf 20 Gewichtsteile Wasser. Zusatzmenge 1:10 bis 1:5 (vergl. hierzu S. 322).

In Epidemiezeiten wohnt der Desinfektion der Klosettstoffe ganz besondere Bedeutung bei. Versuche, welche damit angestellt sind, haben sehr ungleiche Ergebnisse geliefert und entsprechend besteht heute noch keine Uebereinstimmung über das zweckmäßigste unter den verschiedenen Desinfektionsmitteln.

Nach Anschütz (Inaugural-Dissertation) muß ein Desinfektionsmittel für Darmentleerungen folgende Eigenschaften besitzen: a) chemische Beständigkeit; b) leichte Verteilbarkeit über und in den Entleerungen; c) schnelle Vernichtung wenigstens der in den Entleerungen enthaltenen pathogenen Bakterien; d) wenn möglich Geruchlosigkeit der Entleerungen bewirken; e) relativ unschädlich bei der Hantierung damit sein.

Diesen Bedingungen entsprechen Lysol und Saprol, welche einigermaßen gleichwertig sind. Saprol scheint für Vernichtung von Geruch den Vorzug zu verdienen, und erweist sich in dieser Leistung außerordentlich wirksam. Von einer 1 %igen Lösung von Saprol sind pro Jahr und Person nur 5 kg notwendig, welche etwa 2,50 M. kosten (vergl. Hygienische Rundschau 1893, Heft 3 und 1894, Heft 9).

Anderweit wird als wirksames Desinfektionsmittel für Grubeninhalt Kalkmilch (1 Teil Aetzkalk, 4 Teile Wasser = 20 %ige Lösung) bezeichnet. Zusatz so viel, daß in der Masse 1—2 % Kalk vorhanden sind; danach muß der Zusatz bis etwa 5 % der Masse betragen (s. S. 322). — Chlorkalk ist noch leistungsfähiger als gewöhnlicher Aetzkalk; desgleichen Karbolkalk in frischem Zustande. Derselbe wird erhalten, indem man Aetzkalk mit der Hälfte seines Gewichts Wasser löscht und während des Löschens rohe Karbolsäure innig zumischt. — Stark desinfizierend wirken auch Schwefelsäure und Salzsäure, beide in rohem Zustande. — Einem Zusatz von Sublimat wird vielfach die Wirkung auf Klosettstoffe abgesprochen, weil Umsetzung in das gänzlich unwirksame Schwefelquecksilber erfolgt. — Bei jedem der genannten Desinfektionsmittel ist innige Mischung desselben mit dem Grubeninhalt notwendig.

Weniger desinfizierend — unter Umständen auch ganz ohne Wirkung —, dagegen geruchzerstörend wirken auf Grubeninhalt: Eisensulfat in der Menge von etwa 9 kg auf 1 cbm; Kupfervitriol in der Menge von $\frac{1}{20}$; ferner ein Gemisch das aus 0,5 kg Chlorkalk, 0,03 kg Sublimat, 4,5 kg Gips besteht, womit die Massen 5—6 mm hoch überschüttet werden. Endlich kann auch ein Gemisch aus 1 Teil Eisenchlorür, 4,5 Teilen Eisenoxyd, 7,5 Teilen Eisenchlorid, 2,5 Teilen Sägemehl und 7 Teilen Wasser als zuzumischendes wirksames Desodorisationsmittel benutzt werden. — Karbolsäure vernichtet den Geruch von Klosettstoffen nicht, sondern verdeckt denselben nur.

Luft in schlecht gelüfteten Kanälen und die Schmutzwasser der Kanäle werden durch Einschütten von Eisenvitriol geruchlos gemacht. Geruch zerstörend und des-

infizierend wirkt auch schweflige Säure, welche entsteht, indem Schwefel auf glühende Kohlen geschüttet wird.

§ 209. Wände und Gegenstände, an denen Infektionsstoffe haften, oder für die ein bezüglicher Verdacht besteht, sind, je nach der Beschaffenheit, verschieden zu behandeln. Gewöhnliche Mauern oder rohe Wände, z. B. von Abortszellen, werden mit Kalk getüncht, wenn man größere Sicherheit erzielen will, zweimal kurz nacheinander. Die Wirkung des Kalks erfolgt aber etwas langsam — erst in mehreren Stunden —, ein Umstand, der den Gebrauch dieses Mittels unter Umständen ausschließt.

Die Wände besser ausgestatteter Räume (Anstriche und Tapeten) werden am besten mit Brot trocken und scharf abgerieben, nachdem vorher der Fußboden mit einer 5%igen Karbolsäurelösung stark angefeuchtet ist. Letztere besteht aus 1 Teil sogen. 100%iger Karbolsäure (*Acid. carb. depuratum*) mit 18 Teilen Wasser, 2%ige, entsprechend, aus 1 Teil Karbolsäure mit 45 Teilen Wasser. Von mit Infektionsstoffen unmittelbar beschmutzten Wandflächen ist die Tapete zu entfernen, bzw. der Putz scharf abzukratzen. Fußböden allein, Türen, Fenster, sowie sonstige fest angebrachte Holzteile sind mit 5%iger Karbolsäurelösung unter reichlichem Verbrauch der letzteren abzuschleuern, und demnächst mit reinem Wasser abzuwaschen. Abortsitze, Möbel und sonstige Gegenstände der Zimmerausstattung werden entweder nur abgerieben, oder noch mit Karbolsäure in schwächerer Lösung bestrichen. Die dabei benutzten Lappen, Brot u. s. w. sind durch Verbrennung zu beseitigen.

An Stelle der Karbolsäure wird zur Desinfektion von Zimmerwänden vielfach Sublimat empfohlen, desgleichen eine schwache Lösung von Chlorkalk oder Wasserstoffsuperoxyd, oder Jodtrichlorid. An Stelle von Kalkanstrich der Wände können auch Natron- und Kalilauge, desgleichen Seifenlauge (in heißem Zustande) verwendet werden. Der Wirkungsgrad von Seifenlauge hängt nach einigen sehr von dem Alkaligehalt derselben ab; nach andern ergeben sich bei den verschiedenen Seifen (sogen. Schmierseife) keine großen Unterschiede.

Die Wirksamkeit der rohen Karbolsäure wird durch Zusatz einer mineralischen Säure (Schwefelsäure) erheblich gesteigert. Im übrigen sind die Ansichten über den Wert der Karbolsäure als Desinfektionsmittel sehr geteilt; es ist auch gegen dieselbe der Vorwurf starker Giftigkeit zu erheben; letzterer kommt aber noch mehr in Betracht bei Sublimat. Dasselbe zersetzt sich sehr langsam auch bei diffusem Licht, so daß noch nach 1 Jahr in den Tapeten eines mit Sublimat desinfizierten Raumes Quecksilber angetroffen werden kann.

Die Anwendung von Chlor, welches in wässriger Lösung sehr wirksam ist, und von schwefliger Säure wird wegen der Vergiftungsgefahr meist ausgeschlossen sein.

§ 210. In jedem Falle setzt bei der Vielheit der Rücksichten, welche zu nehmen sind, bei den Gefahren sowohl als Unsicherheiten, welche bestehen, jede Desinfektion von nur einiger Bedeutung die Mitwirkung eines Spezialisten dieses Gebietes oder sonstiger geübter Kräfte (des Personals öffentlicher Desinfektionsanstalten) voraus. Ein selbständiges Vorgehen auf Grund allgemeiner Angaben wie der vorstehenden, muß zumal, wenn es sich um chemische Desinfektion handelt, ausgeschlossen sein.

Hiernach wird man auch leicht beurteilen können, welcher Wert gewissen Desinfektionsmitteln, die für diesen oder jenen, mehr oder weniger bestimmten

Zweck empfohlen worden, beizulegen bzw. vorzuenthalten ist. Bekanntere Mittel dieser Art sind:

Das Desinfektionsmittel von Süvern. Dasselbe besteht aus Kalkmilch, Kohlenteer, Magnesiumchlorid und vielleicht noch einigen andern Zusätzen.

Das Desinfektionsmittel von Friedrich & Co. besteht aus Kalkmilch, Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Karbolsäure.

Das Desinfektionsmittel von Müller-Schür besteht aus Aetzkalk, Holzkohle, Torfmull oder Sägespänen und Karbolsäure.

In allen drei Mitteln wird dem Aetzkalk die Hauptrolle zufallen, während die andern Bestandteile mehr oder weniger „Beiwerk“ sind.

§ 211. Ueber die Mittel zur Desinfektion von verunreinigtem Boden vergl. S. 71 ff.

Was Desinfektionsleistungen aus dem besonderen Anlaß der Ueberschwemmungen von Wohnungen betrifft, so wird dazu der folgende Auszug aus einem preußischen Ministerialerlaß vom 9. April 1888 betreffend Maßregeln gegen Gesundheitsbeschädigungen durch Ueberschwemmung mitgeteilt:

..... Zur Wiederherstellung gesundheitsgemäßer Zustände von Wohnungen, die überschwemmt gewesen sind, so ist vor allem eine gründliche Reinigung der Wohngebäude in allen ihren Abteilungen notwendig, die aber in der Regel allein noch nicht genügt. Es kommt nämlich in Betracht, daß meistens nicht nur Wasser, eventuell mit Lehm oder andern ähnlichen in sanitärer Hinsicht wenig bedeutsamen Stoffen verunreinigt in die Wohnungen eingedrungen ist, sondern daß das Wasser eventuell auch mehr oder weniger Straßenschmutz, Unrat überfluteter Abtritte und Dungstätten, nach Umständen auch den Inhalt von Schmutzwasserleitungen mit sich führt, und daß Wände und Fußböden der Zimmer mit solchen Stoffen verunreinigt sind. In solchen Fällen ist die vollständige Beseitigung der verunreinigenden Massen oft nicht möglich, und wird alsdann Desinfektion notwendig.

Besondere Rücksicht erfordert in gedielten Zimmern die Deckenfüllung unter der Fußbodendielung, welche entweder nur durchnäßt oder auch nur verunreinigt sein kann. Auch bei bloßer Durchnässung wird sie — unter der oft zutreffenden Voraussetzung, daß sie oft von vornherein aus einem unreinem Material bestanden hat — der Sitz sich lang hinziehender Fäulnis, und unter Umständen ein sehr geeigneter Boden für etwa vorhandene Krankheitskeime werden können. Das durchnäßte Deckenfüllmaterial muß daher beseitigt und durch passendes trockenes ersetzt werden. Da, wo die Dielung bereits schadhaft war, ist die Beseitigung der Füllung sehr ratsam, auch in dem Falle, daß nicht eine besondere Verunreinigung dieselbe notwendig machen sollte, weil die Dielen auf der durchnäßten Unterlage bald völlig verfaulen, oder durch Schwamm zerstört werden würden. — Wenn sich bei der probeweisen Aufnahme einer oder der andern Diele die Deckenfüllung etwa nicht besonders feucht und unrein erweist, so genügt die Desinfektion der Dielen.

Was die Wände betrifft, so ist die Entfernung des Abputzes von denselben sowohl deshalb dienlich, weil damit unreine Stoffe, die mit dem Wasser in die Wände eingedrungen waren, sicherer unschädlich gemacht werden, als es durch Anwendung von Desinfektionsmitteln allein geschehen könnte, wie auch deshalb von Nutzen, weil dadurch die Austrocknung der Wände erheblich beschleunigt wird.

Ist Wasser von der Oberfläche aus in die Keller eingedrungen, so ist dasselbe möglichst bald und vollständig auszuschöpfen. Sind solche Keller im wesentlichen wasserfrei gemacht, so ist der Rest des Wassers zu desinfizieren und fortzuschaffen. Durch Eindringen von Grundwasser überschwemmte Keller können erst trocken gelegt werden, nachdem der Grundwasserstand wieder entsprechend gefallen ist.

Zur Desinfektion sind zwei Mittel verwendbar: Karbolsäure und gebrannter Kalk. Rohe Karbolsäure mit roher Schwefelsäure übertrifft an Wirkung selbstentsprechende Lösungen von reiner Karbolsäure; auf je 10 l Karbolsäure werden 5,5 l rohe Schwefelsäure genommen. Die beiden Körper müssen gut gemischt werden und muß die Mischung 2–3 Tage stehen. Der gebrannte Kalk wird aus Kalkpulver etwas steifer zubereitet, als die Maurer denselben zum Tünchen benutzen.

Zur Desinfektion von Wänden und Fußböden, wie ebenso zum Desinfizieren der Keller nach Trockenlegung derselben wird am besten die Karbolsäuremischung benutzt. Zur Desinfek-

tion von in Kellern verbliebener Wasserreste wird auf 20 Teile derselben 1 Teil der Karbolsäuremischung benutzt. Wände sind mit der Mischung unter Benutzung von Pinseln oder Lappen reichlich anzuweichen, Holzfußböden mit derselben zu scheuern. Von Abputz befreite Wände werden mit Kalktünche desinfiziert. In Schlamm, der auf der Kellersohle etwa zurückgeblieben ist, wird am besten Kalkpulver in der Menge von 1 Teil auf 20 Teile Schlamm eingestreut. Es kann zur Desinfektion von Kellerwänden zwar auch die Karbolsäuremischung benutzt werden; dies ist des Geruches wegen aber da zu widerraten, wo der Keller zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, namentlich von Milch benutzt wird.

Neben Benutzung der Öfen zum Austrocknen der Wände ist die Anwendung eiserner Kokekörbe sehr zu empfehlen. Eine Aufschüttung von Sand unter denselben wird stark erwärmt und befördert dadurch das Austrocknen des Fußbodens. In Räumen, in denen Kokekörbe aufgestellt sind, müssen, um Vergiftungen mit Kohlenoxyd vorzubeugen, und des Trocknens wegen Fenster und Türen beständig offen gehalten werden.

Röhrenbrunnen werden von Ueberschwemmungen in der Regel nicht leiden und können daher fortgesetzt benutzt werden. Dagegen sind Kesselbrunnen möglichst vollständig auszuschöpfen. Die Wandungen derselben sind alsdann zu reinigen und mit Kalk zu desinfizieren. In das im Kesselbrunnen — oder einfachem Schöpfbrunnen — verbliebene Wasser wird eine mäßige Portion Kalkpulver eingeschüttet und wenn dadurch Trübung des Wassers eintritt, der Brunnen abermals möglichst trocken gelegt. Es ist zu empfehlen, das Wasser desinfizierter Brunnen eine Zeit lang nicht ohne weiteres, sondern zum Trinken und für andere häusliche Zwecke nur gekocht zu benutzen. Unbedingt notwendig ist dies, wenn das Wasser überschwemmt gewesener Brunnen in Benutzung genommen werden muß, noch bevor Desinfektion des Brunnens stattgefunden hat.

Ueberschwemmt gewesene Abtrittsgruben müssen sorgfältig repariert werden, namentlich um benachbart liegende Brunnen vor dem Durchsickern von Grubenhalt zu bewahren. Wenn ein Brunnen nahe an einer Abtrittsgrube liegt, muß, bevor das Ausschöpfen des Brunnens unternommen wird, die Grube ausgeleert werden.

Druckfehler-Verzeichnis.

- S. 21, Z. 24 v. o. ist hinter „Stickstoffs“ einzuschalten: „ , der Phosphorsäure und“.
 S. 23, Z. 28 v. o. ist anstatt „1895“ zu setzen: „1890“.
 S. 52, Z. 5 v. o. ist vor „5“ einzuschalten: „2“.
 S. 65, Z. 11 v. u. ist anstatt „Anchylostima“ zu lesen „Anchylostomum“.
 S. 75, Z. 25 v. u. ist anstatt „80,5“ und „101,5“ zu setzen „21,7“ und bezw. „27,4“.
 S. 75, Z. 24 v. u. ist anstatt „12,4“ zu setzen „15,17“.
 S. 119 in der Formel 1) für G ist anstatt „1,2329“ zu setzen „1,2932“.

